N° 15-206-XIF au catalogue — N° 009
ISSN : 1710-5277
ISBN : 978-0-662-09046-5

Document de recherche

La Revue canadienne de productivité

La productivité multifactorielle au Canada : une évaluation de diverses méthodes d'estimation des services de capital

par John R. Baldwin et Wulong Gu

Division de l'analyse microéconomique
18-F, Immeuble R.H. Coats, Ottawa, K1A 0T6

Téléphone : 1-613-951-4636

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Toute demande de renseignements au sujet du présent produit ou au sujet de statistiques ou de services connexes doit être adressée à la Ligne info-médias, Division des communications et des services de bibliothèque, Statistique Canada, Ottawa, Ontario K1A 0T6 (téléphone : 613-951-4636).

Pour obtenir des renseignements sur l'ensemble des données de Statistique Canada qui sont disponibles, veuillez composer l'un des numéros sans frais suivants. Vous pouvez également communiquer avec nous par courriel ou visiter notre site Web à www.statcan.ca.

Service national de renseignements	1-800-263-1136
Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants	1-800-363-7629
Renseignements concernant le Programme des services de dépôt	1-800-700-1033
Télécopieur pour le Programme des services de dépôt	1-800-889-9734
Renseignements par courriel	infostats@statcan.ca
Site Web	www.statcan.ca

Renseignements pour accéder au produit

Le produit n° 15-206-XIF au catalogue est disponible gratuitement sous format électronique. Pour obtenir un exemplaire, il suffit de visiter notre site Web à www.statcan.ca et de choisir la rubrique Publications.

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois, et ce, dans la langue officielle de leur choix. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle qui doivent être observées par les employés lorsqu'ils offrent des services à la clientèle. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées dans le site www.statcan.ca sous À propos de nous > Offrir des services aux Canadiens.

La revue canadienne de productivité

La revue canadienne de productivité est une série d'études appliquées qui examinent des questions associées à la mesure, l'explication, et l'amélioration de la productivité. Les thèmes couverts par la revue comprennent, notamment, la performance économique, la formation du capital, le travail, les prix, l'environnement, le commerce et l'efficience aux niveaux national et provincial. La revue publie de la recherche empirique, à différents niveaux d'agrégation, basée sur la comptabilité de la croissance, l'économétrie, les nombres indices et la programmation mathématique. La recherche empirique illustre l'application de la théorie et des techniques à des questions pertinentes de politique publique.

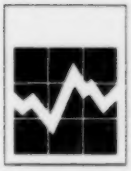
Les documents de cette série sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca.

Tous les documents de *La revue canadienne de productivité* font l'objet d'un processus de révision institutionnelle afin de s'assurer de leur conformité au mandat confié par le gouvernement à Statistique Canada en tant qu'organisme statistique et de leur pleine adhésion à des normes de bonne pratique professionnelle, partagées par la majorité.

Les documents de cette série comprennent souvent des résultats provenant d'analyses statistiques multivariées ou d'autres techniques statistiques. Il faut noter que les conclusions de ces analyses sont sujettes à des incertitudes dans les estimations énoncées.

Le niveau d'incertitude dépendra de plusieurs facteurs : de la nature de la forme fonctionnelle de l'analyse multivariée utilisée; de la technique économétrique employée; de la pertinence des hypothèses statistiques sous-jacentes au modèle ou à la technique; de la représentativité des variables prises en compte dans l'analyse; et de la précision des données employées. Le processus de la revue des pairs vise à garantir que les articles dans les séries correspondent aux normes établies afin de minimiser les problèmes dans chacun de ces domaines.

2008-02957/



Statistique Canada

La productivité multifactorielle au Canada : une évaluation de diverses méthodes d'estimation des services de capital

John R. Baldwin et Wulong Gu

Publication autorisée par le ministère responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2007

Tous droits réservés. Le contenu de la présente publication peut être reproduit, en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sans autre permission de Statistique Canada sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins d'étude privée, de recherche, de critique, de compte rendu ou en vue d'en préparer un résumé destiné aux journaux, et/ou à des fins non commerciales. Statistique Canada doit être cité comme suit : Source (ou « Adapté de », s'il y a lieu) : Statistique Canada, nom du produit, numéro au catalogue, volume et numéro, période de référence et page(s). Autrement, il est interdit de reproduire quelque contenu de la présente publication, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, ou de le transmettre sous quelque forme et par quelque moyen que ce soit, reproduction électronique, mécanique, photographique, pour quelque fin que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable des Services d'octroi de licences, Division des services à la clientèle, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Avril 2007

N° 15-206-XIF au catalogue, n° 009
Périodicité : hors série

ISSN : 1710-5277
ISBN : 978-0-662-09046-5

Ottawa

Les noms des auteurs sont inscrits par ordre alphabétique.

This publication is available in English (Catalogue no. 15-206-XIE no. 009).

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier Tarek Harchaoui et Faouzi Tarkhani pour leur contribution.

Table des matières

Résumé **6**

Sommaire exécutif **7**

1. Introduction **10**

2. Mesure de la productivité multifactorielle **11**

3. Mesure du prix de location du capital **15**

3.1 Problèmes liés à l'estimation du prix de location du capital 17
- 3.1.1 Taux de rendement exogène par opposition à endogène 17
- 3.1.2 Taux de dépréciation 21
- 3.1.3 Gains en capital 22
- 3.1.4 Valeurs attendues 23
- 3.1.5 Paramètres fiscaux 24

3.2 Diverses spécifications de la formule du prix de location du capital 24

4. Données **26**

5. Résultats empiriques **30**

5.1 Résultats pour l'ensemble du secteur des entreprises 31
- 5.1.1 Taux de rendement 33
- 5.1.2 Part du capital dans les coûts 33
- 5.1.3 Coût des services de capital 35
- 5.1.4 Effet de la composition du capital 36
- 5.1.5 Indices de croissance de la productivité multifactorielle 39

5.2 Biais dus à l'omission des dispositions fiscales applicables aux sociétés 42

5.3 Résultats par industrie 47
- 5.3.1 Agrégation des services de capital sur les industries 51

6. Conclusion **54**

Bibliographie **58**

Résumé

Le but de l'étude est d'examiner les effets de diverses méthodes de calcul du coût d'usage du capital sur les estimations des indices de prix et de volume des services de capital. Nous déterminons la sensibilité des résultats à l'utilisation d'un taux de rendement exogène par opposition à endogène, à divers moyens d'inclure les gains en capital et à l'ajout ou non de corrections pour tenir compte des paramètres fiscaux. Enfin, nous étudions l'effet des diverses formules du coût d'usage du capital sur l'estimation de la croissance de la productivité multifactorielle.

Mots-clés : productivité multifactorielle, services de capital, prix de location du capital

Sommaire exécutif

Les mesures de la croissance de la productivité multifactorielle ont été établies à titre de statistiques sommaires permettant d'évaluer l'accroissement de l'efficacité du processus de production attribuable au progrès technique et au changement organisationnel. Elles reposent sur la comparaison du taux de croissance réel de la production à l'accroissement de la production que l'on s'attendrait à observer si l'on augmentait les intrants tout en continuant d'appliquer les techniques préexistantes ou courantes de production.

En tout point dans le temps, les techniques existantes permettent d'augmenter les quantités d'intrants (travail, capital) qui entrent dans le processus de production afin de produire une plus grande quantité de produit. La multiplication des quantités supplémentaires de facteurs introduites dans le processus de production par le produit marginal existant de ces facteurs donne une estimation de la quantité prévue de produit qui, durant une période donnée, serait le résultat de l'utilisation de ces intrants. Si la production réelle est supérieure, on dit que la productivité a augmenté.

La productivité multifactorielle est mesurée par la différence entre la croissance de la production ΔQ et l'augmentation de la production que l'on aurait observée ΔQe à cause de l'utilisation d'unités supplémentaires d'intrants (ΔI). Pour la calculer, on soustrait du taux de variation de la production une moyenne pondérée de la variation des intrants (travail, capital), où la moyenne pondérée donne une approximation de la variation qui aurait eu lieu si la productivité des intrants avaient été la même que par le passé.

Les poids généralement utilisés pour agréger les variations d'un facteur donné sont les parts relatives de chaque type de facteur dans la rémunération de ce facteur. Pour estimer ces parts, il faut connaître le prix unitaire de chaque type de facteur. Dans le cas du prix du facteur travail, la tâche est assez simple. Des transactions pouvant être utilisées à cette fin sont observées continuellement sur le marché du travail. Dans le cas du capital, le prix unitaire doit être estimé. Alors que le prix de l'actif est connu, le prix auquel devraient se vendre les services que fournit cet actif quand il est utilisé pendant une période plus courte que sa durée de vie utile n'est habituellement pas observé et doit être inféré.

La théorie économique permet de proposer une formule pour inférer le prix du capital. Le coût d'usage du capital peut être considéré comme étant le prix qu'un marché parfaitement concurrentiel produirait pour un actif loué par son propriétaire à un utilisateur. Ce prix comprendrait un terme reflétant le coût d'opportunité du capital, un autre tenant compte de la dépréciation de l'actif et un troisième représentant les gains ou pertes en capital résultant de la détention de l'actif. Cette formule nécessite des données sur le taux de rendement, la dépréciation, les gains de détention, les taux d'imposition appliqués au capital et le prix de l'actif.

Dans le présent document, nous exposons la méthodologie que nous avons utilisée pour estimer le prix de location de divers actifs et les problèmes qu'a posés sa mise en œuvre. Puis, nous présentons un ensemble d'estimations de la croissance de la productivité multifactorielle

obtenues en utilisant diverses méthodes pour générer les données requises sur le taux de rendement, le taux de dépréciation, les gains en capital et les taux d'imposition.

Nous abordons successivement plusieurs questions soulevées dans la littérature. La première concerne le choix d'une méthode endogène ou exogène pour calculer les taux de rendement. La deuxième se rapporte à la source des taux de dépréciation. La troisième est celle de savoir s'il faut inclure les gains en capital dans la formule du coût d'usage du capital et de quelle façon. Enfin, la quatrième a trait à la façon d'inclure les taux d'imposition dans la formule.

Les écarts entre les estimations de la productivité multifactorielle présentés dans le document illustrent à quel point les hypothèses émises au départ importent. Les diverses méthodes envisagées ici produisent une gamme d'estimations. L'inclusion des gains en capital a un effet significatif non seulement sur la valeur estimée de la croissance des services de capital, mais aussi sur la stabilité des estimations. Dans la plupart des variantes examinées dans le présent document, nous appliquons pour tenir compte des gains en capital la méthode conventionnelle consistant à calculer le taux de variation des prix des actifs au cours du temps.

La variabilité du terme de gains en capital calculée de cette façon est considérable. Puisqu'il reflète implicitement les attentes en ce qui concerne les gains en capital et que sa variabilité est importante, il est difficile de choisir une méthode de calcul de la moyenne tenant compte correctement de ces attentes.

La décision d'inclure ou non les gains en capital étant essentiellement arbitraire, nous pouvons imposer une borne à nos estimations de la croissance de la productivité multifactorielle en comparant l'écart entre les estimations obtenues avec ou sans ce terme. Pour la période de 1981 à 2001, cet écart est de 0,1 point de pourcentage, soit environ 23 % à 30 % de l'estimation de la productivité multifactorielle. Pour la période de 1961 à 1981, l'intervalle est plus petit, allant de 4 % à 10 % de l'estimation de la productivité multifactorielle.

Nous constatons aussi que, si l'on ne tient pas compte de l'impôt des sociétés, on introduit un biais par excès dans la croissance des services de capital dans le cas de la méthode avec taux endogène, tant pour la période de 1961 à 1981 que pour celle de 1981 à 2001.

L'autre choix important qu'il a fallu faire concernait l'utilisation d'un taux de rendement endogène ou d'un taux exogène. Les données produites pour le Canada ne révèlent pas d'écart important entre les taux réels de rendement, lorsque le taux endogène est calculé d'après des données au niveau de l'industrie tirées des comptes nationaux et que le taux exogène est une moyenne pondérée des taux de rendement des marchés boursier et obligataire. Il convient de souligner que l'écart entre les deux estimations de la productivité multifactorielle calculées d'après ces taux est faible. Le taux de croissance de la productivité multifactorielle basé sur le taux de rendement endogène est inférieur d'environ 12 % à 14 % à celui basé sur le taux exogène, écart qui est inférieur à la marge d'erreur à laquelle on s'attendrait si le taux de rendement exogène était entaché d'une erreur de 25 %.

La qualité de tout programme statistique dépend de la bonne adaptation des statistiques sommaires à l'usage que l'on veut en faire. Afin d'atteindre cet objectif, les organismes

statistiques doivent donner aux utilisateurs des lignes directrices concernant l'utilisation correcte des données. En général, les programmes statistiques ne fournissent que des estimations ponctuelles de la productivité multifactorielle et étudient rarement l'effet de l'utilisation d'autres hypothèses pour produire les statistiques sommaires. Le présent document vise à combler cette lacune.

Cet exercice est important quand les mesures de la productivité multifactorielle servent à des comparaisons entre pays. L'utilisateur doit être conscient que les données fournies sont des estimations ponctuelles assorties d'un intervalle de confiance. Celui-ci ne peut être calculé facilement par les méthodes statistiques classiques, mais nous pouvons donner à l'utilisateur une idée de la variation des estimations quand les hypothèses qui les sous-tendent sont modifiées.

Nous montrons ici que les estimations ponctuelles produites pourraient fort bien varier de 20 %, à cause du choix d'une méthode basée sur un taux de rendement endogène plutôt qu'exogène ou de la façon dont les gains en capital sont mesurés. L'utilisateur des estimations de la productivité multifactorielle qui souhaite faire des comparaisons entre pays ne devrait pas perdre de vue ces types d'erreurs.

1. Introduction

L'évaluation de la performance économique comprend la comparaison de mesures de la production, des intrants ou de la productivité entre industries et entre périodes de référence. Les mesures de la productivité consistent à suivre les variations de la production et des intrants afin d'en déduire l'importance des gains d'efficacité dans le processus de production.

Jusqu'aux années 1980, l'estimation de la productivité du travail représentait l'activité de base de la plupart des programmes d'évaluation de la productivité des organismes statistiques. Plus récemment, des programmes de mesure de la productivité multifactorielle ont été lancés afin de tenir compte non seulement du travail, mais aussi du capital et d'obtenir ainsi une meilleure représentation du processus de production sur lequel il faut se fonder pour estimer les gains d'efficacité.

Les estimations plus complètes produites par les programmes de la productivité multifactorielle (PMF) ont un prix. Le concept est plus difficile à expliquer aux utilisateurs et repose sur des notions plus complexes. Diverses formulations existent, qui produisent des réponses différentes.

Un domaine où les praticiens n'ont pu décider unanimement d'une méthode est celui de la mesure du capital. Le débat a trait à la façon d'évaluer les services agrégés de capital et de saisir la croissance de ces services au cours du temps. Un volet important de ce débat est celui de l'estimation du prix du capital.

Les prix d'autres facteurs de production peuvent être observés facilement sur les marchés. Ainsi, les prix et volumes de main-d'œuvre et d'intrants intermédiaires sont relevés d'après les transactions du marché, tandis que le prix de location et le volume des services de capital ne peuvent être observés directement. Les taux salariaux proviennent des enquêtes sur la population active. Les prix des produits et des intrants proviennent des enquêtes sur les prix. En revanche, le marché des services de capital (le marché de location des services de capital) est peu développé, si bien que les statisticiens établissent généralement le prix de ces services de façon analytique.

Jorgenson et Griliches (1967) ont proposé une méthode de mesure du prix et du volume des services de capital fondée sur la théorie économique de la production. Les concepts de services de capital et de prix de location du capital sont aujourd'hui bien établis grâce aux travaux ultérieurs de Hulten (1990), Diewert (2004), ainsi que Schreyer, Diewert et Harrison (2005). Les problèmes que pose la mesure du prix et du volume des services de capital sont surtout de nature empirique, les plus importants étant 1) le choix du taux prévu de rendement, 2) la façon de tenir compte des gains prévus en capital et 3) le traitement des dispositions fiscales applicables aux sociétés pour estimer le coût d'usage du capital.

Dans le présent document, nous discutons brièvement de plusieurs options disponibles, puis nous présentons des preuves, obtenues au moyen de données canadiennes, de l'effet de diverses

approches en pratique[1]. Nous cherchons à savoir s'il existe des raisons théoriques valables de choisir une formule plutôt qu'une autre, s'il existe un fondement pratique pour orienter les choix et, enfin, si l'effet sur les estimations finales est important.

Le plan du document est le suivant. À la section 2, nous décrivons brièvement les estimations de la productivité multifactorielle. À la section 3, nous discutons de certains problèmes liés à l'estimation du prix du capital. À la section 4, nous discutons des données utilisées pour l'analyse. À la section 5, nous exposons les résultats produits par diverses méthodes d'estimation. Enfin, à la section 6, nous présentons nos conclusions.

2. *Mesure de la productivité multifactorielle*

Des gains de productivité sont réalisés quand les fabricants trouvent des moyens plus efficaces de fabriquer les produits. La source de ces gains peut être le progrès technique, le changement organisationnel ou l'exploitation des économies d'échelle. La productivité est meilleure aujourd'hui qu'il y a 100 ans parce que la main-d'œuvre actuelle permet de réaliser une production par personne beaucoup plus importante.

Les mesures de la croissance de la productivité multifactorielle ont été élaborées afin de disposer de statistiques sommaires pour évaluer ce progrès. Elles reposent sur la comparaison du taux de croissance réel de la production à l'accroissement de la production que l'on s'attendrait à observer si l'on augmentait les intrants en continuant d'utiliser les techniques de production préexistantes ou courantes.

En tout point dans le temps, les techniques existantes permettent d'augmenter les quantités de facteurs (travail, capital) qui entrent dans le processus de production afin d'accroître la quantité de produit. La multiplication des quantités supplémentaires de facteurs introduites dans le processus de production par le produit marginal existant de ces facteurs donne une estimation de la quantité prévue de produit durant une période donnée. Si un accroissement de la production réelle est supérieure à cette quantité, on dit que la productivité a augmenté.

La productivité multifactorielle (PMF) est mesurée par la différence entre la croissance de la production ΔQ et l'augmentation de la production que l'on se serait attendu à observer ΔQe en utilisant des unités supplémentaires d'intrants (ΔI).

1) $$PMF = \Delta Q - \Delta Qe = \Delta Q - F(\Delta I),$$

où F représente, en utilisant des techniques existantes, l'accroissement de la production que l'on s'attendrait d'observer à la suite de l'accroissement des quantités d'intrants au cours d'une période donnée.

---

1. Plusieurs autres études ont eu pour objectif d'examiner les effets de diverses formules du prix de location du capital sur les estimations des services de capital et de la productivité multifactorielle. Voir Harper, Berndt et Wood (1989), Schreyer (2004), Diewert (2004), ainsi que Harchaoui et Tarkhani (2003).

En théorie microéconomique de l'entreprise, on se sert d'une « fonction de production » pour décrire formellement la relation entre les services des intrants et la production[2]. Afin de fonder les mesures de la productivité multifactorielle sur la théorie de la production, les économistes ont spécifié une fonction de production doublement dérivable reliant la production et les facteurs de production (travail et capital).

$$(2) \qquad Q = F(X_1, X_2, \ldots\ldots X_n, t),$$

où X_i représente le i^e intrant et t, le temps.

La dérivée totale de (2) par rapport au temps est

$$(3) \qquad \frac{dQ}{dt} = \sum \frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{dX_i}{dt} + \frac{\partial F}{\partial t}.$$

La contribution théorique d'un accroissement du travail ou du capital à la croissance de la production est simplement le produit marginal du travail (capital) multiplié par la variation de la quantité de travail (capital) consacrée à la production. Si nous divisons les deux membres de (3) par Q, que nous définissons

$$(4) \qquad P\dot{M}F = \frac{1}{Q}.\frac{\partial F}{\partial t}$$

et que nous tenons compte du fait que $\frac{dX_i}{Qdt} = \frac{X_i}{Q}\dot{X}_i$, nous obtenons

$$(5) \qquad P\dot{M}F = \frac{dQ}{dt}.\frac{1}{Q} - \sum \frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{dX_i}{dt}\frac{1}{Q} = \dot{Q} - \sum \frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Q}\dot{X}_i.$$

Or, les conditions de premier ordre pour la maximisation des profits sont

$$(6) \qquad \frac{\partial C}{\partial X_i} = \frac{\partial F}{\partial X_i}.P,$$

où P est le prix de Q et C est le coût total ($\equiv \sum P_i X_i$).

En tenant compte du fait que $P_i = \frac{\partial C}{\partial X_i}$ et par substitution dans (5), nous obtenons

2. Parfois, les théoriciens partent d'une fonction de coût pour établir une mesure de la productivité factorielle.

$$(7) \qquad P\dot{M}F = \dot{Q} - \sum \frac{P_i X_i}{PQ} \dot{X}_i = \dot{Q} - \sum s_i \dot{X}_i ,$$

où s_i est la part du facteur *i* dans la production (PQ).

Si la fonction de production est caractérisée par des rendements d'échelle constants et que les prix des facteurs correspondent aux produits marginaux, alors la part du travail dans le produit intérieur brut (PIB) et celle du capital dans la production totale épuisent exactement le PIB total. Sinon, la formule doit être modifiée comme suit :

$$(8) \qquad P\dot{M}F = \dot{Q} - \sum \varepsilon_{\infty}^{-1} \frac{P_i X_i}{C} \dot{X}_i ,$$

où ε_{∞} est la mesure de l'échelle de production (élasticité du coût de la production).

Par conséquent, cette approche permet au statisticien d'obtenir une approximation du terme de productivité marginale dans l'équation (5) en utilisant les prix des facteurs et leur part dans la production. Cependant, comme l'a souligné Berndt (1990), nous utilisons ces approximations comme valeurs substituts des « produits marginaux réalisés ». Car ce concept est celui qui nous permet de mesurer ce qu'aurait été la production attendue en s'appuyant sur les techniques de production existantes.

La croissance de la productivité multifactorielle peut alors résulter d'un déplacement vers le haut de la fonction de production agrégée causé par le progrès technique et, dans certaines conditions, ce dernier peut être évalué d'après la variation de la mesure de la productivité multifactorielle uniquement. Si ces conditions ne sont pas remplies, d'autres méthodes sont utilisées pour isoler la composante du déplacement due au progrès technique de celle due à l'exploitation des économies d'échelle existantes[3].

Les estimations de la productivité multifactorielle données par l'équation (7) nécessitent la mesure de la variation de la production (Q), du capital (K) et du travail (L), ainsi que des parts de ces facteurs dans la production. Si tous les facteurs d'un certain type (travail ou capital) avaient le même produit marginal, on pourrait estimer les variations du facteur en additionnant simplement les prix de toutes les composantes, puis en calculant les variations du total au cours du temps. Cependant, les facteurs de production (qu'il s'agisse des travailleurs ou des catégories d'actifs) peuvent avoir des produits marginaux différents, de sorte qu'il est incorrect, sans une pondération de chacun séparément, de les additionner simplement. S'il existe m catégories du facteur i, ayant chacune un produit marginal distinct, la formule appropriée pour estimer l'effet de la variation d'un facteur est

$$(9) \qquad s_i \dot{X}_i \equiv \sum_{k=1}^{m} s_{ik} \dot{X}_{ik} ,$$

3. Voir Baldwin, Gaudreault et Harchaoui (2001) pour une illustration de l'approche paramétrique de la mesure de la productivité.

où s_{ik} peut être considéré comme étant approximativement égal à la part de chaque catégorie du facteur *i* dans la production totale et

$$(10) \qquad s_i = \sum_{k=1}^{m} s_{ik} \ .$$

Le taux de croissance de $\dot{X}_i$ qui est obtenu dans l'équation (7) est

$$(11) \qquad \dot{X}_i = \sum_{k=1}^{m} (s_{ik} / s_i) \dot{X}_{ik} \ .$$

En autant que s_{ik} / s_i diffèrent d'un facteur individuel à l'autre, le taux de croissance de $\dot{X}_i$ obtenu par l'équation (11) sera différent de celui qui est obtenu en additionnant simplement tous les facteurs (nombre de travailleurs, valeur totale des actifs) et en calculant le taux de croissance à partir du total de ces facteurs. Cette différence provient des dissemblances dans les taux de croissance des actifs ($\dot{X}_i$), qui modifient de façon concomitante la composition du groupe d'actifs. C'est pourquoi on appelle souvent cette différence « effet de la composition ». Comme les changements dans la composition du groupe d'actifs ont une incidence sur le montant relatif des facteurs du produit marginal faible plutôt que sur ceux du produit marginal élevé, on l'appelle quelquefois «effet de qualité ».

Les poids appropriés pour agréger les variations d'une catégorie d'un facteur sont alors les parts relatives de chaque catégorie du facteur dans la rémunération totale de celui-ci. Pour estimer ces parts, nous devons calculer le prix unitaire de chaque catégorie du facteur. Dans le cas des prix de la main-d'œuvre, la tâche est assez simple. Des transactions permettant de les déterminer sont observées continuellement sur les marchés du travail. Dans le cas du capital, nous avons besoin de prix comparables. Nous connaissons les prix des actifs, mais celui des services qu'ils fournissent quand ils sont utilisés pendant une période plus courte que leur durée de vie prévue n'est habituellement pas observé et doit être inféré.

Dans le présent document, nous exposons la méthodologie que nous avons employée pour estimer le prix de location de divers actifs et les problèmes qu'a posés sa mise en oeuvre[4]. Nous présentons ensuite un ensemble d'estimations de la croissance de la productivité multifactorielle obtenues en émettant diverses hypothèses.

Les questions examinées ici sont d'une importance fondamentale pour la mesure de l'intrant capital utilisée dans le cadre comptable de la productivité multifactorielle. La façon dont les composantes du coût d'usage du capital sont mesurées rend les estimations particulièrement vulnérables aux problèmes d'erreur sur la variable. La plupart des praticiens fournissent des estimations ponctuelles de la productivité multifactorielle en n'offrant aux utilisateurs que peu de

4. Les mêmes problèmes se posent lorsqu'il s'agit d'estimer la variation du nombre d'heures travaillées.

renseignements sur la nature des intervalles de confiance qu'il faut utiliser[5]. L'un des critères utilisés par Statistique Canada pour évaluer la qualité de son programme statistique est la mesure dans laquelle des lignes directrices appropriées sont communiquées afin que les utilisateurs puissent juger de façon éclairée de l'adéquation d'une statistique particulière pour un usage donné. En examinant et en évaluant l'effet de la formulation de diverses hypothèses sur les estimations finales, nous visons à éclairer le débat dans ce domaine.

Nous commençons par examiner les questions pratiques qu'il faut résoudre pour appliquer la formule du prix de location décrite dans la littérature empirique. Nous obtenons ainsi un ensemble de mesures du prix de location que nous évaluons ensuite dans le contexte du cadre comptable de la croissance de la productivité multifactorielle.

3. *Mesure du prix de location du capital*

Certes, le capital est simplement une catégorie d'intrant. Toutefois, les biens de capital ne sont pas parfaitement conformes au modèle de production simple qui s'applique à d'autres actifs. Entre autres, ils ne sont pas consommés immédiatement en production comme le sont les matières premières. Les biens de capital sont épuisés en plusieurs périodes durant lesquelles ils fournissent des services, et tout prix que l'on utilise doit tenir compte de ce fait. Une mesure de l'intrant capital conforme à la théorie de la production est, par conséquent, la valeur du *flux de services* fournit par les biens de capital durant la période de référence sur laquelle porte l'analyse.

Pour résoudre ce problème de mesure, Jorgenson (1963), Hall et Jorgenson (1967), Griliches et Jorgenson (1966), et Jorgenson et Griliches (1967) ont avancé la notion d'un « coût d'usage du capital » propre à l'actif, parfois appelé prix de location du capital. Ce prix est alors utilisé pour agréger des actifs hétérogènes.

Le coût d'usage du capital peut être considéré comme étant le prix qu'un marché parfaitement concurrentiel produirait pour un actif loué par son propriétaire à un utilisateur. Ce prix comprendrait un terme reflétant le coût d'opportunité du capital (r_t) (soit le coût d'option de l'utilisation du capital ou les coûts de financement), un autre rendant compte de la dépréciation de l'actif (δ) et un troisième représentant les gains ou pertes en capital résultant de la détention de l'actif (qui traduisent les variations du prix du marché de l'actif, $q_t - q_{t-1}$). Jorgenson et Griliches (1967) montrent que la formule du prix de location d'une unité de capital dont le coût est q est

$$(12) \qquad c_t = q_{t-1} r_t + q_t \delta - (q_t - q_{t-1}).$$

5. Voir Harper, Berndt et Wood (1989), et Schreyer, Diewert et Harrison (2005) pour d'autres exercices où sont examinées ces questions.

Cette approche du coût d'usage du capital a de grands avantages par rapport à celle du stock de capital, qui est basée sur la pondération des divers actifs par leur prix d'acquisition. La pondération des actifs par leur prix de location, qui est approximativement égal au revenu marginal de l'actif dans des conditions d'équilibre concurrentiel, tient effectivement compte des différences de contribution d'actifs hétérogènes à la production à mesure qu'évolue la composition de l'investissement et du capital. Dans ce cas, les variations pondérées de l'intrant capital agrégé comprennent deux composantes distinctes, à savoir les variations de la quantité de capital d'une catégorie donnée et les variations de la composition du capital, c'est-à-dire les variations des proportions relatives des diverses catégories d'actifs dont les produits marginaux et les prix de location diffèrent. Ce deuxième effet, qui résulte du changement d'importance des catégories d'actifs dans le stock agrégé de capital, est appelé ici effet du changement de composition de l'ensemble des actifs de capital. L'accroissement des services sera plus important pour l'ensemble pondéré que pour le simple agrégat si la quantité d'actifs ayant un prix de location plus élevé (représentant un produit marginal plus élevé) augmente plus rapidement. La pondération reflète explicitement la substitution entre actifs hétérogènes en réaction à la variation des prix relatifs ou à un progrès technique biaisé.

Pour tenir compte des impôts, Christensen et Jorgenson (1969) ont établi la formule suivante du coût d'usage du capital c_{kt} pour la k^e catégorie d'actifs à la période t :

$$(13) \quad c_{kt} = \left(\frac{1 - u_t z_{kt} - CII_{kt}}{1 - u_t} \right) [q_{kt-1} r_t + q_{kt} \delta_k - q_{kt-1} \pi_{kt}] + \phi_t ,$$

où ϕ_t est le taux effectif d'imposition foncière (valeur nominale de l'impôt calculée sur le stock nominal de terrains et de bâtiments), u_t est le taux d'imposition des sociétés, z_{kt} est la valeur actualisée des déductions pour amortissement aux fins de l'impôt sur un investissement d'un dollar dans la catégorie d'actifs k sur la durée de vie utile de l'investissement, CII_{kt} est le taux de crédit d'impôt à l'investissement et $\pi_{kt} = \frac{(q^*_{kt} - q_{kt-1})}{q_{kt-1}}$ représente les gains en capital prévus.

Dans les équations (12) et (13), le prix de location du capital est formulé en fonction des taux nominaux de rendement et des taux nominaux d'inflation des prix des actifs. Selon Schreyer, Diewert et Harrison (2005), il serait plus pratique d'utiliser les taux réels, qui sont nettement plus stables que les taux nominaux, particulièrement en période de forte inflation. La formule (13) du coût d'usage du capital peut être modifiée afin qu'elle soit fondée sur les taux réels :

$$(14) \quad c_{kt} = \left(\frac{1 - u_t z_{kt} - CII_{kt}}{1 - u_t} \right) [q_{kt-1} r^*_t + q_{kt} \delta_k - q_{kt-1} \pi^*_{kt}] + \phi_t ,$$

où r_t^* est le taux réel de rendement calculé en déflatant le taux nominal au moyen d'un indice de prix global (comme le déflateur du PIB ou l'indice des prix à la consommation [IPC]) et π_{kt}^* représente les gains en capital réels du k^e actif.

En dénotant ρ_t le taux d'inflation global, nous pouvons exprimer le taux réel de rendement et le taux réel de gains en capital comme suit :

$$(15) \quad r_t^* = r_t - \rho_t, \text{ et } \pi_{kt}^* = \pi_{kt} - \rho_t .$$

Dans le présent document, nous utiliserons la spécification (14) du coût d'usage du capital qui est fondée sur les taux réels. Pour obtenir une mesure du taux global d'inflation ρ_t, nous construisons une moyenne mobile centrée de cinq ans du taux de variation de l'indice des prix à la consommation.

Ces prix de location du capital sont alors utilisés pour calculer les poids s_k appliqués pour agréger la croissance des stocks de capital individuels correspondant aux divers actifs (K_k) au moyen de l'équation (11) :

$$(16) \quad \dot{K} = \sum_{k=1}^{m} s_k \dot{K}_t \text{, et } s_k = c_k K_k / \sum_k c_k K_k ,$$

où les poids s_k correspondent à la part de l'actif dans le coût total du capital.

Les travaux novateurs de Jorgenson ont fourni le cadre permettant de contourner le fait qu'on ne peut ni observer ni mesurer directement les prix des services de capital, mais le passage de la théorie à la pratique a été plus difficile. La différence est particulièrement prononcée entre le paradigme théorique du prix de location du capital et son application empirique dans les conditions réelles. À la section suivante, nous discutons de certaines questions qu'il faut résoudre pour combler cette lacune.

3.1 Problèmes liés à l'estimation du prix de location du capital

Les analystes qui calculent les prix de location des services de capital doivent prendre plusieurs décisions, qui concernent le taux prévu de rendement, le taux de dépréciation, les gains en capital prévus, les attentes et, enfin, l'intégration ou non des paramètres fiscaux dans la formule. Nous commençons par une brève discussion des choix qui s'imposent à l'analyste dans chacun de ces domaines.

3.1.1 Taux de rendement exogène par opposition à endogène

Deux grandes options existent pour estimer le taux de rendement du capital, le calculer de façon endogène d'après les comptes du Système de comptabilité nationale ou le choisir de façon exogène d'après les taux observés sur le marché.

Les taux calculés de façon endogène s'appuient sur des données estimées, tirées des comptes nationaux, sur le stock de capital et sur le revenu du capital, qui est constitué de l'excédent brut d'exploitation et de la partie du revenu mixte attribuable au capital. En utilisant la formule du coût du capital et en tenant compte du fait que le revenu du capital rémunère simplement les services de capital, nous pouvons calculer le taux de rendement d'après l'équation (17).

$$(17) \qquad R_t = \sum_k c_{kt} K_{kt} ,$$

où R_t est le revenu du capital, K_{kt} est le stock de capital du k^e actif et c_{kt} est le coût d'usage du k^e actif.

En substituant la valeur du coût d'usage du capital c_{kt} tirée de l'équation (14) dans l'équation (17), nous obtenons le taux de rendement après impôt :

$$r_t^* = \frac{R_t + \sum_k q_{kt-1} T_{kt} K_{kt} \pi_{kt}^* - \sum_k q_{kt} T_{kt} K_{kt} \delta_k - \sum_k q_{kt-1} K_{kt} \phi_t}{\sum_k q_{kt-1} T_{kt} K_{kt}}, \text{ et}$$

(18)

$$T_{kt} = \frac{1 - u_t z_{kt} - CII_{kt}}{1 - u_t}.$$

Tel qu'il est mesuré dans le Système de comptabilité nationale, le revenu du capital R_t n'inclut pas les gains en capital. Dans l'équation (18) du calcul du taux réel de rendement, le terme des gains en capital réels agrégés $\sum_k q_{kt-1} T_{kt} K_{kt} \pi_{kt}^*$ figure avec un signe positif, afin d'accroître le revenu du capital déclaré dans le Système de comptabilité nationale. Le taux réel de rendement estimé dans (18) comprend donc les gains en capital réels prévus.

Le taux de rendement peut aussi être obtenu d'autres sources, comme un taux de rendement observé sur les marchés financiers. Ici, plusieurs choix sont possibles, par exemple un taux de rendement sans risque, tel un taux d'obligation d'État, un taux de titre de créance émis par une société tenant compte du risque inhérent au secteur des entreprises, ou une moyenne pondérée de taux de rendement de titres de créance et d'actions de société reflétant le fait que le secteur des entreprises est financé par un mélange d'emprunts et de capital-actions.

Le Canada, l'Australie et les États-Unis utilisent le taux de rendement endogène dans leurs comptes de productivité. Par le passé, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) calculait la moyenne des parts des facteurs établies en se fondant sur l'expérience des pays membres, approche qui se classe dans la catégorie des méthodes endogènes, du moins en esprit. Plus récemment, l'OCDE a adopté un taux de rendement exogène (Schreyer, 2004). En outre, un document de référence récent préparé pour le groupe de Canberra (Schreyer, Diewert et Harrison, 2005) propose que l'on considère sérieusement l'utilisation de taux exogènes pour l'estimation des services de capital.

L'avantage de la méthode axée sur les taux endogènes tient au fait qu'elle produit un ensemble de comptes entièrement intégrés. La valeur de l'excédent est extraite directement des comptes nationaux qui fournissent les données sous-jacentes pour la production des comptes de productivité. Le capital est estimé directement d'après les flux d'investissements qui font également partie du Système de comptabilité nationale. Au Canada, ces flux d'investissements sont intégrés dans les tableaux des entrées-sorties et concordent donc avec la production par industrie. Fait tout aussi important, les hypothèses nécessaires pour pouvoir utiliser l'excédent dans l'estimation des services de capital sont entièrement compatibles avec celles qui sous-tendent les estimations non paramétriques de la productivité, à savoir un marché parfaitement concurrentiel et un processus de production où les rendements d'échelle sont constants. Bien que ces hypothèses ne soient pas entièrement vérifiées, la question que se posent les statisticiens est celle de savoir si leur assouplissement a une influence marquée sur les estimations de la productivité[6].

Opter pour un taux de rendement exogène permet de relaxer l'hypothèse des rendements d'échelle constants. En outre, ce choix n'exige pas que les actifs utilisés épuisent entièrement le revenu du capital, donc, tient compte du fait que certains actifs pourraient être exclus des estimations existantes. Il permet aussi à l'analyste de supposer que le système économique n'est pas parfaitement concurrentiel et que l'excédent des sociétés peut comprendre davantage que le simple coût des services de capital, comme les bénéfices de monopole.

Puisque l'utilisation d'un taux exogène de rendement n'assure pas que l'excédent des sociétés soit entièrement épuisé, elle permet d'estimer un résidu (la différence entre l'excédent des sociétés et les services de capital), qui pourrait avoir pour origine les bénéfices de monopole. Il pourrait aussi être dû au fait que la liste de facteurs inclus dans les estimations de la productivité multifactorielle est incomplète (p. ex., des actifs comme les terrains, les stocks, les ressources naturelles ou les biens incorporels sont exclus). Enfin, il pourrait être observé parce qu'il existe des économies d'échelle et que la rémunération des facteurs par le revenu de leur produit marginal, c'est-à-dire leur revenu marginal, n'épuise pas entièrement le produit total.

Il convient de souligner que le calcul du taux de croissance de la productivité multifactorielle en éliminant n'importe laquelle de ces influences devrait produire des estimations différentes de la productivité multifactorielle. Une estimation non paramétrique standard de la productivité multifactorielle partant de l'hypothèse qu'il n'existe pas d'économies d'échelle inclut toute amélioration des rendements d'échelle qui accroît la productivité dans l'estimation des gains de productivité. Par contre, ne pas tenir compte de cette amélioration vise à « épurer » l'estimation du déplacement de la fonction de production dû à cet effet d'échelle, de sorte qu'elle sera plus faible si l'effet d'échelle est important. L'utilité de cette dernière estimation dépend non seulement de l'exactitude statistique avec laquelle le calcul peut être fait, mais aussi de la signification de ce dernier. Les estimations de la productivité multifactorielle sont vues comme des mesures de l'accroissement de l'efficacité technique. Si des améliorations technologiques sont nécessaires pour exploiter les économies d'échelle, il n'est pas très sensé d'essayer de séparer les effets d'échelle des effets techniques.

---

6. Dans Baldwin, Gaudreault et Harchaoui (2001), nous montrons que relâcher l'hypothèse des rendements d'échelle constants et utiliser des estimations paramétriques plutôt que non paramétriques de la productivité n'a pas d'effet important sur nos estimations de la productivité multifactorielle.

Il faut aussi signaler que l'estimation de la productivité multifactorielle d'après un taux endogène et un trop petit nombre d'actifs n'est pas nécessairement inexacte. En fait, elle sera approximativement correcte si le taux de croissance des actifs omis est le même que le taux de croissance moyen des actifs inclus. Une estimation de la productivité multifactorielle fondée sur un taux endogène et sur la répartition de l'excédent de capital entre un sous-ensemble d'actifs pourrait s'approcher plus de l'estimation correcte que celle obtenue en utilisant un taux exogène et en attribuant une partie de l'excédent de capital aux actifs omis. La seconde sera manifestement biaisée par excès. La première sera approximativement correcte si les actifs omis ne représentent qu'une petite part du stock de capital total et que leur taux de croissance est à peu près le même que celui du groupe d'actifs dont il a été tenu compte.

Par conséquent, l'utilisation du taux exogène permet de surmonter plusieurs problèmes, mais elle en soulève d'autres. Savoir quel taux il convient d'utiliser n'est pas évident. En outre, le choix d'un taux incorrect causera une erreur dans les estimations de la productivité multifactorielle.

Dans le cas d'un taux exogène, une grande gamme de taux a été proposée, allant des taux à court terme aux taux à long terme, et des taux d'intérêt débiteurs aux taux d'intérêt créditeurs (Diewert, 1980). Le taux d'intérêt dans la formule du coût d'usage du capital devrait tenir compte des taux de rendement corrigés pour le risque (puisque ce sont ces derniers qui régissent les décisions concernant l'investissement). Par conséquent, il faut que le rendement par industrie ou par actif varie afin de rendre compte du degré variable de risque[7]. À son tour, ce problème oblige l'analyste à utiliser des renseignements qui l'aideront à trancher en ce qui concerne les différences de risque. Les tableaux d'entrées-sorties du Système de comptabilité nationale contiennent des données permettant d'estimer les différences de rentabilité à long terme selon l'industrie qui pourraient être utilisées avec un taux de rendement moyen exogène pour tenir compte des différences de risque selon l'industrie. Néanmoins, ceci étant fait, il se pourrait que les taux obtenus selon les approches endogène et exogène diffèrent peu.

Dans le présent document, comme dans les comptes canadiens de productivité officiels, nous utilisons le revenu du capital tiré des comptes économiques nationaux pour dériver le taux interne de rendement. Nous définissons ici le revenu du capital comme étant le produit intérieur brut en dollars courants, à l'exclusion de la rémunération du travail (traitements, salaires, rémunération supplémentaire et une partie des revenus des propriétaires d'entreprises imputables au travail). La valeur du capital est extraite de la base de données des comptes de productivité de Statistique Canada. Elle est créée d'après les flux d'investissements, selon la méthode de l'inventaire perpétuel.

En ce qui concerne le taux exogène de rendement, nous avons utilisé une moyenne pondérée du coût des dettes et du taux de rendement du capital-actions, où la pondération est égale à la proportion de dettes et de capital-actions utilisée pour financer le capital des entreprises[8]. Pour le taux de rendement de la dette, nous avons utilisé le rendement moyen des obligations à 10 ans du

7. Voir Schreyer, Diewert et Harrison (2005, p. 43) qui soulignent que les praticiens devraient donc utiliser un taux de rendement propre à l'industrie qui reflète le fait que certains investissements en capital fixe sont plus risqués que d'autres.
8. Ces proportions sont calculées par la Division de l'organisation et des finances de l'industrie de Statistique Canada.

Gouvernement du Canada. Pour celui du capital-actions, nous avons calculé la somme de l'accroissement de l'indice de la Bourse de Toronto et du rendement en dividendes sur action[9]. Les taux de rendement exogènes résultants incluent le taux global d'inflation et représentent donc les taux nominaux de rendement. Nous déflatons ensuite ces taux nominaux au moyen de l'indice des prix à la consommation. Puis, nous calculons la moyenne de la série résultante de taux exogènes réels sur la période de 1961 à 2001 pour produire un taux de rendement constant de 5,1 %. Lors de l'utilisation de la spécification (14) du coût d'usage du capital fondé sur le taux de rendement exogène, nous fixerons le taux réel de rendement r_t^* à une valeur constante de 5,1 %.

Lors de la comparaison de ce taux à celui calculé de façon endogène, qui est le taux de rendement avant déduction des gains prévus en capital, nous devons décider si le rendement exogène reflète le taux de rendement après ou avant déduction des gains réels en capital. S'il s'agit du taux net, après déduction, nous devons ajouter les gains réels en capital pour atteindre le taux de rendement brut de ces gains. Par contre, si le taux tient déjà compte des gains réels en capital, cette étape n'est pas nécessaire. Dans notre cas, nous avons utilisé le rendement du capital-actions qui est produit par le marché pour le capital. On peut soutenir que le taux que produit ce marché intègre déjà les gains réels en capital qui, selon les attentes des investisseurs, seront réalisés par les entreprises et, par conséquent, qu'il ne faut pas soustraire les gains en capital. Toutefois, dans le présent document, nous continuerons de soustraire les gains en capital comme cela est fait très fréquemment, mais nous fournissons aussi des résultats obtenus en appliquant la méthode où le taux exogène est traité comme étant net des gains et pertes en capital.

3.1.2 Taux de dépréciation

Dans le contexte du coût de location du capital, les taux de dépréciation reflètent le coût que le locataire d'un actif devrait recouvrer à la suite de l'utilisation de cet actif, c'est-à-dire les coûts dus à la dépréciation de l'actif par usure ou pour d'autres raisons, comme l'obsolescence.

Nous calculons ces taux d'après la courbe du prix des actifs usagés en fonction de l'âge[10]. L'obtention de la courbe de dépréciation d'après la courbe du prix en fonction de l'âge est conforme à la notion de coût de location du capital, qui est le prix que devrait demander un bailleur pour couvrir les coûts associés au fait que la valeur de l'actif diminuera après l'usage. Certains essayent d'établir une distinction entre les diverses causes de la dépréciation, allant de l'usure à l'obsolescence. Néanmoins, notre technique et les données dont nous disposons ne nous permettent pas de le faire[11].

Les taux de dépréciation que nous calculons sont des taux *ex post*, qui reflètent les réalisations sur les marchés et non les attentes. Cependant, Statistique Canada recueille aussi, grâce à son enquête sur les immobilisations, des données sur la durée de vie prévue par les gestionnaires au

9. Voir l'Observateur économique canadien, séries 122620 et 122628.

10. Voir Statistique Canada, Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité (2007).

11. La grande base de données sur les prix des actifs usagés, établie d'après des données d'enquête, ne contient que des renseignements sur l'âge de l'actif, le prix original et le prix réalisé au moment de la cession. Elle ne contient que des données sur l'âge et non sur l'année d'origine du stock de capital et, par conséquent, ne permet pas d'estimer séparément l'obsolescence.

moment où ils font l'investissement. Une comparaison des taux de dépréciation établis d'après des estimations *ex ante* de la durée de vie aux taux *ex ante* indique que l'écart est faible[12].

3.1.3 Gains en capital

La composante des gains en capital de la formule du prix de location du capital a suscité, et suscite encore, des controverses. Rares sont ceux qui, en théorie, considèrent que les gains en capital ne devraient pas être inclus dans le prix de location du capital. Un bailleur de capital demandera un prix plus faible s'il s'attend à réaliser un gain en capital à la fin de la période de détention et un prix plus élevé s'il s'attend à une perte en capital.

Néanmoins, il existe un certain désaccord entre les praticiens quand à l'inclusion d'un terme tenant compte des gains et des pertes en capital. Harper, Berndt et Wood (1989, p. 340) discutent de cette question en notant la critique de la formule originale de Jorgenson et Griliches (1967) faite peu après par Denison (Denison, 1969). Toutefois, leur discussion porte essentiellement sur la période de référence qu'il conviendrait d'utiliser pour calculer une espérance des gains auxquels il faut s'attendre, soulignant que les gains en capital varient considérablement d'une année à l'autre. Ils suggèrent ensuite qu'il pourrait être plus judicieux d'utiliser une moyenne mobile que les gains réels.

La taille des gains en capital réels et la source de ceux-ci sont des aspects qui préoccupent aussi les praticiens. Harper, Berndt et Wood (1989, p. 347) publient des pertes en capital annuelles très importantes pour de nombreuses années pour certaines industries. Ces résultats sont dus, en partie, à la hausse plus lente, en moyenne, du prix des machines et du matériel que de celui de l'ensemble des actifs, parce que ce dernier est dominé par des services dont le taux moyen de croissance du prix est supérieur à la moyenne. De surcroît, la volatilité des gains en capital ne correspond vraisemblablement pas, dans le court terme, aux variations du produit marginal du capital, à cause de la longue durée d'élaboration des projets d'immobilisation.

Il n'est pas certain non plus que l'on puisse recueillir des données sur les gains de détention résultant des différences de taux d'inflation, particulièrement pour les immobilisations. Cette préoccupation découle du niveau des coûts de transaction subis lors de la vente d'immobilisations. Comme de nombreux actifs sont particuliers à l'entreprise, ils perdent une part considérable de leur valeur lorsqu'ils sont transférés, particulièrement s'ils sont destinés à un autre usage. La valeur de casse de l'acier dans une raffinerie de pétrole est nettement plus faible que le coût de son assemblage pour construire des tours de raffinage. S'il n'existe aucun moyen peu coûteux de réaliser des gains en capital, les changements de prix des actifs établis d'après les indices des prix ne sont pas très utiles pour mesurer la composante des gains en capital du prix de location du capital. Il n'est donc pas certain que la série des prix réels des actifs fournisse des estimations exactes du taux de rendement des gains en capital auxquels il faudrait s'attendre.

12. Schreyer, Diewert et Harrison (2005) soutiennent que l'on devrait utiliser les taux de dépréciation *ex ante* lorsque l'on emploie des taux de rendement exogènes pour calculer le prix de location du capital et des taux de dépréciation *ex post* lorsque l'on se sert de taux de rendement endogènes. Puisque les taux *ex ante* et *ex post* sont similaires, nous n'utilisons qu'une seule estimation de la dépréciation ici.

Dans notre étude, nous utilisons par conséquent plusieurs autres solutions pour tester la sensibilité de nos estimations de la productivité multifactorielle au mode de traitement des gains en capital. Dans le premier cas, nous incluons des gains en capital instantanés, approche qui a été qualifiée par d'autres de myopique. Puis, nous calculons une moyenne mobile centrée de cinq ans. Enfin, nous les excluons entièrement, ce qui est approprié si les coûts de transaction de la liquidation des actifs annulent essentiellement les gains éventuels dus aux variations de prix.

3.1.4 Valeurs attendues

L'estimation de la productivité multifactorielle correspond simplement à l'accroissement de la production en sus de celui que l'on s'attendrait à observer si l'on augmentait les intrants en utilisant les techniques de production et la taille de l'usine existantes. Comme nous l'avons exposé plus haut, nous recourrons à la théorie pour trouver des données de substitution pour le revenu marginal du facteur qu'il convient d'utiliser à cette fin. Dans les conditions où le prix d'un facteur est égal à son revenu marginal, nous pouvons utiliser comme approximation le coût des services des intrants, c'est-à-dire le taux de rémunération du travail et le prix de location d'un actif.

Pour le faire, nous devons tenir compte du fait que des contrats doivent être conclus avant que soient prises les décisions concernant la production ou que les entreprises doivent prédire quels seront les coûts des facteurs avant qu'elles puissent prendre des mesures afin d'ajuster les quantités de ces facteurs de façon à établir, pour chacun, l'égalité entre son coût et son produit marginal, et que sur un certain nombre de périodes, cette égalité ne tiendra pas. Ni le marché du travail ni celui du capital ne peut s'ajuster instantanément. Durant toute période, les taux de rémunération moyens dépendront des proportions d'heures de travail « normales » et d'heures supplémentaires rémunérées à un taux plus élevé. Les entreprises doivent prédire quel sera le nombre d'heures de chaque catégorie avant le début d'une période pour décider du nombre de travailleurs qu'il convient d'embaucher, à moins que le nombre d'heures dans chaque catégorie puisse être ajusté instantanément.

La décision est encore plus compliquée quand il s'agit du capital, parce que la période d'ajustement est souvent plus longue à cause de l'importance pure et simple de l'investissement initial requis et de la durée de vie du capital. Puisque les investissements sont gros au départ, les entreprises doivent introduire plus qu'une simple capacité différentielle et, donc, considérer un horizon plus lointain pour égaliser les coûts et les produits marginaux des facteurs, ce qui complique les décisions de financement dans une conjoncture d'instabilité des taux d'intérêt.

Ensuite, l'analyste doit décider d'un horizon pour lequel il est probable que sera formée une attente. Même ainsi, il est essentiel de se souvenir qu'à court terme, une entreprise n'arrivera peut-être pas à établir l'égalité entre le coût du capital prévu et le revenu marginal de ce capital. Ainsi, un accroissement soudain du coût prévu du capital pourrait ne pas être suivi d'une variation immédiate du revenu du produit marginal du capital, si la plupart des investissements effectués lors de périodes subséquentes résultaient de décisions antérieures.

Les diverses façons dont ces considérations sont traitées par les chercheurs reflètent les différences entre les hypothèses émises quant au fonctionnement des marchés. La plupart préconisent une forme ou l'autre de calcul de valeur moyenne. Ceux qui choisissent une période à très long terme pensent explicitement ou implicitement que les attentes évoluent très lentement ou que l'ajustement du revenu marginal du facteur n'est pas rapide. Naturellement, le choix entre opérateurs de décalage de diverses longueurs peut être restreint si le taux réel de rendement est plus ou moins constant.

Nous traitons la question des attentes et des variations des taux de rendement de deux façons. Pour le taux exogène, nous prenons une moyenne du taux réel sur l'entièreté de la période. En effet, nous supposons que les attentes et les revenus marginaux réels des facteurs sont constants au cours du temps. Pour le taux endogène, nous utilisons la valeur annuelle réalisée et supposons implicitement que les variations annuelles sont reflétées dans les attentes et causées par des changements de décision d'investissement. Ceci nous donne deux séries de taux de rendement, l'une dérivée du Système de comptabilité nationale et l'autre établie de façon exogène. En les comparant, nous cherchons à déterminer si deux hypothèses relativement différentes concernant les mécanismes réels importent quand il s'agit de produire des estimations de la croissance de la productivité multifactorielle.

3.1.5 Paramètres fiscaux

La formule du coût de location du capital nécessite l'estimation de plusieurs paramètres fiscaux. La méthode utilisée au Canada est discutée dans Harchaoui et Tarkhani (2003). L'application de cette méthode étant coûteuse, il arrive qu'on l'omette[13]. L'importance de cette omission varie selon que le code fiscal réserve un traitement distinct ou non à des actifs et des industries différents ou que l'écart entre les taux avant et après impôt varie selon l'industrie.

Pour examiner l'effet de l'inclusion des paramètres fiscaux, nous estimons par conséquent les services de capital avec et sans ces paramètres.

3.2 Diverses spécifications de la formule du prix de location du capital

Pour étudier l'effet de diverses approches de l'estimation des services de capital et de la productivité multifactorielle, nous comparons essentiellement les six premières variantes qui sont résumées au tableau 1. Les trois premières (M1 à M3) s'appuient sur une estimation du taux de rendement calculée de façon endogène d'après les comptes de productivité de Statistique Canada.

Les spécifications M1 et M2 du coût d'usage du capital comprennent les gains en capital réels mesurés d'après les variations des prix des actifs. M3 n'inclut pas les variations des prix des actifs usagés.

13. Schreyer, Bignon et Dupont (2003).

Tableau 1 Diverses spécifications de la formule du prix de location du capital

	Gains en capital réels		
	Oui, non lissés	Oui, lissés	Non
Coût d'usage avec paramètres fiscaux			
Taux de rendement endogène	M1	M2	M3
Taux de rendement exogène	M4	M5	M6
Coût d'usage sans paramètres fiscaux			
Taux de rendement endogène	M7	M8	M9
Taux de rendement exogène	M10	M11	M12

Note : La variante M5* s'appuie sur le taux exogène estimé après déduction des gains en capital.
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

M1 est la spécification qui mesure les gains en capital au taux instantané de variation des prix, sans lissage. Cette variante est celle qui est appropriée si les attentes des entreprises et leur profil d'investissement sont corrigés instantanément en fonction de toutes les composantes du coût d'usage du capital, puisqu'elle comprend le taux de rendement pertinent pour une année particulière et le terme de gains en capital pour cette année-là. M2 est la variante où le terme de gains en capital est lissé, qui permet l'ajustement instantané en fonction du taux interne de rendement, mais avec un décalage en fonction du terme de gains en capital. M3 est le coût d'usage du capital dont a été éliminé le terme de gains en capital mesuré par la variation des prix des actifs. Bien que les trois méthodes utilisent le taux de rendement pour la période calculé d'après les comptes de productivité, la variation du taux réel d'une période à l'autre est très faible, ce qui élimine les problèmes que pourrait poser ce taux si l'ajustement à des prix du capital instables était difficile.

Les trois autres variantes (M4 à M6) sont semblables aux trois premières, sauf qu'elles s'appuient sur le taux de rendement exogène. Dans chaque cas, le prix de location du capital est calculé en soustrayant les gains en capital du taux de rendement exogène, la présomption étant qu'ils sont inclus dans ce taux. Il pourrait toutefois ne pas en être ainsi quand on utilise les taux de rendement du capital-actions pour dériver le taux exogène, ce qui est le cas dans le présent document. Par conséquent, nous examinons une variante où nous traitons ce taux comme s'il tenait compte des gains en capital, c'est-à-dire comme s'il était calculé net des gains en capital, de la même façon que le taux endogène. Dans ces conditions, nous ajoutons le taux réel agrégé de gains en capital au taux exogène réel constant pour obtenir le taux de rendement interne brut. Nous appelons cette variante M5*.

Les six premières variantes du tableau 1 tiennent compte des effets de l'impôt sur les bénéfices des sociétés, de la provision pour consommation de capital, des crédits d'impôt à l'investissement et des impôts fonciers sur le coût d'usage des actifs. Les six dernières ne tiennent pas compte des effets des paramètres fiscaux. À la deuxième étape, nous comparons les six variantes avec et sans inclusion de paramètres fiscaux.

4. *Données*

Les données utilisées pour cet exercice proviennent des Comptes canadiens de la productivité (CCP) tenus à jour par Statistique Canada. Les CCP font partie intégrante du Système de comptabilité nationale du Canada (SCNC), en particulier les tableaux des entrées-sorties (TES) et les comptes des revenus et dépenses (CRD)[14]. La mesure de la productivité nécessite des données sur les prix et sur les quantités des flux de biens et services produits et achetés par diverses industries, les achats de biens durables par catégorie de la demande finale et la rémunération des intrants primaires, qui sont toutes disponibles régulièrement dans le SCNC. La Section des comptes de productivité se sert des données sur le produit intérieur brut (PIB) en terme de dépenses et de données provenant des tableaux des entrées-sorties concordantes pour créer une base de données appariées sur les intrants travail et capital qui est intégrée aux autres données pour créer une base de données principale selon l'industrie, appelée KLEMS (capital, travail, énergie, matières premières et services), qui peut être utilisée pour des travaux analytiques.

Ici, les données agrégées sur la production sont produites d'après des estimations par industrie pour le secteur des entreprises[15]. Les estimations de la productivité par industrie calculées par la Section des CCP se fondent sur les données sur les prix et les quantités extraites d'un ensemble complet de tableaux d'entrées-sorties. Cet ensemble de comptes est étalonné d'après les autres comptes du SCNC, y compris celui du PIB en termes de dépenses. Les tableaux des entrées-sorties fournissent des données en dollars enchaînés constants et en prix courants sur la production brute, les intrants intermédiaires et la valeur ajoutée.

Les comptes canadiens de productivité contiennent aussi des estimations du travail, qui sont établies d'après diverses sources à Statistique Canada, conformes aux recommandations du SCN de 1993 et en harmonie avec les données produites par les comptes de production. Les estimations des nombres emplois et d'heures travaillées sont produites par industrie et par catégorie de travailleurs (voir Maynard, 2005). Le nombre d'heures travaillées est la mesure de base utilisée pour calculer les estimations de la productivité, parce qu'il s'agit d'une meilleure mesure de l'intrant travail que l'emploi. Le nombre d'heures travaillées reflète les variations du nombre d'heures supplémentaires, du nombre d'heures normales par semaine, du nombre de jours de congés et de la proportion d'employés à temps partiel.

La croissance de l'intrant travail est calculée sous forme de moyenne pondérée de la croissance dans diverses catégories de travailleurs afin de tenir compte des différences de revenu du produit marginal selon la catégorie de travailleurs. Des précisions sur la construction des données sur le travail figurent dans Gu et coll. (2003). Les groupes démographiques englobent 112 catégories, résultant de la classification croisée de la catégorie de travailleurs (employé, travailleur autonome ou non rémunéré), l'âge (15 à 17 ans, 18 à 24 ans, 25 à 34 ans, 35 à 44 ans, 45 à 54 ans, 55 à 64 ans, 65 ans et plus) et le niveau de scolarité (0 à 8 années d'études primaires, 1 à

14. Pour obtenir plus de renseignements sur les Comptes canadiens de la productivité, consultez Baldwin et Harchaoui (2005).

15. Les travaux récents réalisés en suivant cette approche comprennent Jorgenson (2001) pour l'économie américaine, et Jorgenson et Yip (2001) pour les comparaisons internationales, ainsi que Harchaoui et coll. (2004) pour une comparaison Canada–États-Unis de la croissance économique et des résultats de productivité.

3 années d'études secondaires, 4 années d'études secondaires, 1 à 3 années d'études collégiales, 4 années d'études universitaires, 5 années et plus d'études universitaires). Ces données détaillées couvrent la période de 1961 à 2001 et permettent d'estimer la qualité de l'intrant travail pour le secteur des entreprises privées, ainsi que pour les industries individuelles jusqu'au niveau à 3 chiffres de la classification des industries.

La Section des comptes canadiens de productivité est également chargée d'élaborer des estimations cohérentes, convergentes à l'interne, des services de capital. Ici, les comptes canadiens de productivité utilisent d'abord des données sur l'investissement provenant des comptes des revenus et dépenses pour le PIB de la demande finale, puis des données provenant des comptes des entrées-sorties établis d'après des données d'enquête au niveau de l'industrie fournies par la Division de l'investissement et du stock de capital. Les données sur les dépenses en immobilisations sont recueillies au moyen d'une enquête auprès des établissements qui fournit des données au niveau de l'industrie. Après agrégation pour l'ensemble de l'économie, ces données sont rapprochées de celles sur l'investissement au niveau du produit recueillies pour les comptes des dépenses.

Au niveau du secteur des entreprises, la Section des CCP emploie les séries de données sur l'investissement par catégorie d'actifs qui proviennent des comptes des dépenses du SCNC; les estimations de la productivité pour les grands groupes d'industries sont fondées sur les séries de données sur l'investissement par industrie et sur les catégories d'actifs qui sont incluses dans les comptes de production des tableaux des entrées-sorties. Étant donné les contrôles de cohérence que comporte le Système de comptabilité nationale, les estimations de l'investissement obtenues d'après les données sur la demande finale par produit sont essentiellement les mêmes que celles calculées d'après les comptes de production.

Dans les comptes canadiens de productivité, le flux de services de capital est mesuré au niveau du secteur agrégé des entreprises et au niveau de l'industrie. Comme pour les estimations du travail, on commence par produire des données globales sur l'intrant capital en traitant tous les actifs de la même façon, puis on tient compte des différences entre actifs en appliquant des produits marginaux différents[16].

Pour ce faire, la Section des CCP construit des données historiques détaillées sur le stock d'actifs par industrie et par catégorie d'actifs en utilisant les séries de données sur l'investissement et des estimations de la dépréciation (voir Statistique Canada, Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité [2007]). En ce qui concerne le prix, elle estime le prix de location pour diverses catégories d'actifs. Nous avons adopté la formule M1 du coût d'usage du capital du tableau 1. Autrement dit, nous avons utilisé la spécification basée sur le taux de rendement endogène qui comprend l'ajout des gains en capital établis d'après les variations des prix des actifs et tient compte des effets des paramètres fiscaux appliqués aux sociétés. Le U.S. Bureau of Labor Statistics a adopté la même méthode pour estimer les services de capital et la croissance de la productivité multifactorielle.

Nous établissons l'intrant capital au niveau de l'industrie en utilisant autant de renseignements que possible sur les actifs. Nous partons de données sur l'investissement pour diverses catégories

16. Voir Harchaoui et Tarkhani (2003) pour la méthodologie.

d'actifs dans diverses industries. Ces données proviennent des comptes des entrées-sorties où les catégories d'investissement sont énumérées par industrie, d'après l'information recueillie grâce à une enquête par industrie sur les immobilisations réalisée par la Division de l'investissement et du stock de capital. Les données recueillies grâce à cette enquête sont rapprochées au niveau agrégé des données par produit qui entrent dans la composante de la demande finale des estimations du PIB en terme de dépenses. Cependant, ici, la Section des CCP procède à des contrôles de convergence des séries chronologiques afin de réduire les divergences, en appliquant les mêmes critères que ceux utilisés dans le cas des estimations du travail.

Une fois que sont établies des séries sur les investissements qui concordent avec les comptes nationaux, nous produisons une série pour le stock de capital. Pour cela, nous supposons que la substituabilité entre les services des diverses générations τ de capital est parfaite et nous exprimons le stock de capital au temps t comme étant égal à la somme de ces services de capital, soit

$$(19) \qquad K_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} K_{t,\tau} \, .$$

Sous l'hypothèse supplémentaire que les services fournis par chaque actif sont proportionnels à l'investissement initial dans ce dernier, nous pouvons exprimer le stock de capital sous la forme

$$(20) \qquad K_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} d_\tau I_{t-\tau} \, .$$

Le flux de services de capital est une somme pondérée des investissements passés où les coefficients de pondération sont donnés par les efficacités relatives $\{d_\tau\}$ des actifs d'âges différents.

L'efficacité des actifs diminuant à chaque point dans le temps, un remplacement est nécessaire si l'on veut maintenir la capacité de production. En supposant que la décroissance de d_τ est géométrique, nous obtenons

$$(21) \qquad K_t = K_{t-1}(1-\delta) + I_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} (1-\delta)^\tau I_{t-\tau} \, ,$$

qui est la formule du calcul du stock de capital par la méthode de l'inventaire perpétuel. Dans l'équation (21), δ est le taux géométrique auquel l'efficacité d'un actif diminue au cours du temps.

Nous utilisons une définition générale du capital, qui englobe les machines et le matériel, les bâtiments et travaux de génie, ainsi que les terrains et les stocks. Nous utilisons 28 catégories d'actifs privés (18 catégories de matériel et de logiciels, 6 catégories de bâtiments et travaux de génie non résidentiels et 4 catégories de bâtiments et travaux de génie résidentiels) pour environ 100 industries. Les stocks de capital sont estimés par la méthode de l'inventaire perpétuel en utilisant un taux de dépréciation géométrique fondé sur les courbes âge-prix établies par Statistique Canada, Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité (2007). Les taux de dépréciation utilisés pour les actifs de la catégorie des bâtiments et travaux de génie sont des exceptions importantes. Étant donné l'absence d'un marché de transactions actif pour les

bâtiments et travaux de génie, les taux de dépréciation ont été établis d'après l'information existante sur les durées de vie recueillie au moyen d'une enquête menée par la Division de l'investissement et du stock de capital qui produit des données sur la durée de vie prévue par catégorie d'actifs.

Nous rassemblons aussi des données sur les stocks et sur les terrains pour compléter nos estimations du capital. Nous supposons que ces deux catégories d'actifs ont un taux de dépréciation nul et ne font l'objet ni d'un crédit d'impôt à l'investissement ni d'une provision pour consommation de capital, si bien que la formule du prix de location est une version simplifiée de celle utilisée pour les actifs reproductibles.

Ces valeurs du stock de capital sont alors agrégées en une mesure de l'intrant capital au moyen d'un indice de Fisher. Nous utilisons les prix de location comme pondérations pour l'agrégation des divers stocks de capital selon la catégorie d'actifs. Cette approche, utilisée pour la première fois par Jorgenson et Griliches (1967), est fondée sur l'égalisation des prix de location et des revenus marginaux des diverses catégories d'actifs. Nos estimations de ces prix de location tiennent compte des différences de prix, de durée de vie utile et de taux de dépréciation entre les actifs, ainsi que du traitement fiscal du revenu du capital.

Il convient de souligner que la méthodologie et les données utilisées pour les expériences présentées dans le présent document diffèrent de celles employées pour produire les estimations publiées par Statistique Canada. En premier lieu, elles s'appuient sur des données provisoires qui ont été converties pour passer de l'ancienne Classification type des industries (CTI) au nouveau Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). En deuxième lieu, par souci de simplification, nous avons utilisé des prix d'actif moyens plutôt que les prix par industrie. En outre, pour nos estimations du coût du capital pour le secteur des entreprises agrégé, nous avons calculé la moyenne du rendement sur l'ensemble des industries. Enfin, les taux de dépréciation proviennent d'un nouvel ensemble d'estimations que nous sommes en train d'élaborer à partir d'une nouvelle base de données qui produit des estimations un peu plus faibles que celles utilisées à l'heure actuelle. Le tableau 2 donne les taux de dépréciation pour 30 actifs qui seront utilisés dans la présente étude.

Tableau 2 Taux de dépréciation selon la catégorie d'actifs

Catégorie d'actifs	Taux de dépréciation géométrique
Meubles et articles d'ameublement de bureau	0,24
Meubles, articles d'ameublement et accessoires autres que de bureau	0,21
Moteurs, générateurs et transformateurs	0,13
Procédés assistés par ordinateur	0,17
Procédés non assistés par ordinateur	0,16
Matériel de communications	0,22
Tracteurs et matériel de construction lourde	0,17
Ordinateurs, matériel et appareils de traitement de texte connexes	0,47
Camions, camionnettes, tracteurs de camion, remorques de camion et pièces de rechange importantes	0,23
Automobiles et pièces de rechange importantes	0,28
Autres machines et matériel	0,20
Matériel électrique et appareils scientifiques	0,22
Autre matériel de transport	0,10
Matériel de lutte contre la pollution	0,15
Logiciels	0,55
Usines pour la fabrication	0,09
Bâtiments de ferme, garages d'entretien et entrepôts	0,08
Immeubles de bureaux	0,06
Centres commerciaux et installations	0,07
Gares ou aérogares de voyageurs et entrepôts	0,07
Autres bâtiments	0,06
Bâtiments institutionnels	0,06
Travaux de génie – Transport	0,07
Travaux de génie – Énergie électrique	0,06
Travaux de génie – Communications	0,12
Installations techniques pétrolières et gazières en aval	0,07
Installations techniques pétrolières et gazières en amont	0,13
Autres travaux de génie	0,08
Terrains	0,00
Stocks	0,00

Source : Statistique Canada, Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité (2007).

5. *Résultats empiriques*

Dans le présent document, nous nous concentrons sur la productivité du secteur agrégé des entreprises. Afin de calculer diverses variantes de l'estimation de la productivité, nous utilisons une fonction de production agrégée. Pour cela, nous traitons la production agrégée comme étant la somme des produits intérieurs bruts (PIB) des industries qui appartiennent au secteur des entreprises et nous utilisons des mesures agrégées des intrants travail et capital. Pour obtenir la valeur agrégée de l'intrant capital, nous agrégeons les stocks de capital de toutes les catégories d'actifs fixes reproductibles, des stocks et des terrains du secteur des entreprises. Nous obtenons la valeur agrégée de l'intrant travail par agrégation des travailleurs appartenant à diverses catégories de niveau de scolarité et d'antécédents professionnels.

Tableau 3 Comparaison de diverses formules du coût de location du capital dans le secteur des entreprises, 1961 à 1981

	Taux de rendement endogène			Taux de rendement exogène		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Statistique moyenne sur la période						
Taux de rendement nominal moyen	0,14	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11
Part moyenne du capital dans les coûts	0,38	0,38	0,38	0,31	0,32	0,35
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	5,48	5,52	5,77	5,49	6,40	6,17
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,81	0,77	0,52	1,02	0,95	0,59
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,90	0,91	1,01	1,26	1,23	1,18
Écart-type sur la période						
Taux de rendement nominal moyen	0,049	0,040	0,035	0,034	0,034	0,034
Part moyenne du capital dans les coûts	0,012	0,012	0,012	0,065	0,043	0,017
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	0,048	0,048	0,049	0,260	0,078	0,034
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,006	0,005	0,004	0,007	0,006	0,004
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	1,868	1,848	1,806	1,712	1,816	1,778
Pourcentage de prix de location négatifs	0,33	0,00	0,00	1,33	0,83	0,00

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

5.1 Résultats pour l'ensemble du secteur des entreprises

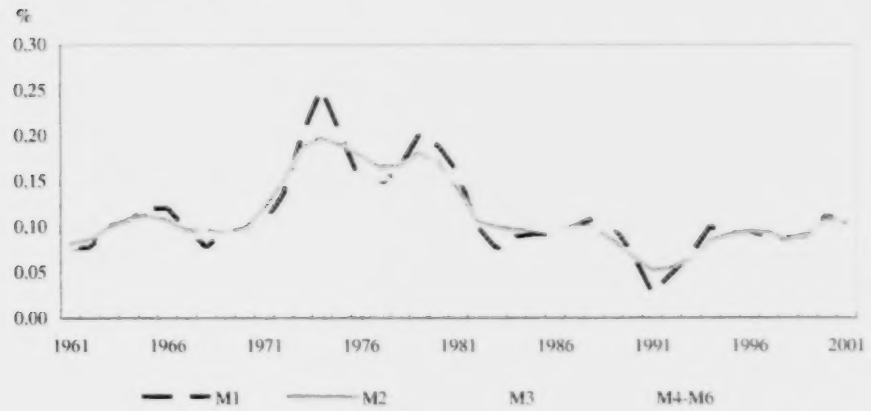
Afin d'évaluer l'effet des six scénarios d'évaluation du coût d'usage du capital, nous comparons les taux moyens de rendement produits par chacun, la part du capital dans les coûts, l'accroissement du prix des services de capital, l'accroissement de l'effet de la composition du capital et, enfin, la croissance de la productivité multifactorielle. Les six variantes de la formule du coût d'usage du capital (la différence entre la croissance des services de capital et la croissance de stock de capital) tiennent toutes compte des effets des dispositions fiscales applicables aux sociétés. Elles diffèrent en ce qui a trait au choix du taux de rendement et de l'évaluation des gains en capital prévus. Les statistiques sommaires pour chacun de ces éléments sont présentées au tableau 3 pour la sous-période de 1961 à 1981 et au tableau 4 pour la sous-période de 1981 à 2001. Les figures 1 à 6 résument les différences entre les estimations M1 à M6 pour la période de référence complète.

Tableau 4 Comparaison de diverses formules du coût de location du capital dans le secteur des entreprises, 1981 à 2001

	Taux de rendement endogène			Taux de rendement exogène		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Statistique moyenne sur la période						
Taux de rendement nominal moyen	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09
Part moyenne du capital dans les coûts	0,40	0,40	0,40	0,41	0,40	0,38
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	2,81	2,84	3,01	2,24	1,57	2,02
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	1,09	1,06	0,89	1,09	1,08	0,94
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,30	0,31	0,38	0,32	0,3.	0,43
Écart-type sur la période						
Taux de rendement nominal moyen	0,026	0,020	0,024	0,025	0,025	0,025
Part moyenne du capital dans les coûts	0,018	0,018	0,018	0,072	0,053	0,022
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	0,057	0,057	0,057	0,126	0,061	0,028
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	1,654	1,663	1,687	1,697	1,718	1,714
Pourcentage de valeurs négatives du coût d'usage du capital	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Figure 1 Taux de rendement nominal après impôt dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

5.1.1 Taux de rendement

Les taux de rendement nominaux produits par la méthode endogène sont généralement plus élevés que ceux obtenus par la méthode exogène[17]. Pour la sous-période de 1961 à 1981, le taux endogène ne tenant pas compte de la variation du prix des actifs en tant que mesure des gains en capital (M3) est de 12 %, tandis que la valeur moyenne du taux exogène comparable n'est que de 11 % (tableau 3). Pour 1981 à 2001, le taux endogène estimé d'après M3 est de 10 %, tandis que le taux exogène comparable est, en moyenne, de 9 % (tableau 4). Cet écart pourrait être dû au fait que nous avons calculé les taux endogènes en n'utilisant pas un nombre suffisamment grand de catégories d'actifs ou que ces taux contiennent un résidu qui est vraiment dû aux économies d'échelle. Toutefois, il convient de souligner que la différence n'est pas importante, de l'ordre de 1 point de pourcentage pour les deux sous-périodes, si nous considérons M3 et M6, c'est-à-dire les deux méthodes ne tenant pas compte de la variation des prix des actifs en tant que mesure des gains en capital.

La tendance des deux séries dont est exclus le terme de variations du prix des actifs en tant que mesure des gains en capital (M3 et M6) est assez semblable (figure 1). L'une et l'autre sont en hausse durant le milieu des années 1970 à cause d'un accroissement de l'inflation, puis décroissent durant les années 1980. Puisque le taux exogène est constitué d'un rendement réel constant et de l'indice des prix à la consommation, la similarité entre les taux de rendement obtenus au moyen de M3 et M6 indique que le coût d'usage du capital réel endogène est assez constant également.

Par contre, les mouvements sont fort différents dans les séries de taux de rendement calculées avant et après déduction des gains en capital. Examinons d'abord les options endogènes avec inclusion des gains en capital (M1 et M2). Le taux de rendement endogène après impôt et avant déduction des gains en capital calculé en utilisant les variations instantanées des prix des actifs pour tenir compte des gains en capital (M1) est plus instable que celui établi d'après les variations des prix des actifs lissées au moyen d'une moyenne mobile de cinq ans (M2) et que celui obtenu en omettant les variations des prix des actifs (M3). L'instabilité de ces deux derniers taux (taux avec gains en capital lissés et taux sans variations des prix des actifs) est similaire.

Les mouvements dans les séries de taux endogènes et exogènes de rendement sont également différents. Le taux de rendement endogène calculé en utilisant les variations de prix des actifs instantanées, ainsi que les variations lissées est plus instable que le taux de rendement exogène. Par contre la différence de variabilité entre le taux endogène avant déduction des gains en capital lissés, le taux endogène après déduction des gains en capital et le taux exogène est assez faible.

5.1.2 Part du capital dans les coûts

La formule (7) utilisée pour estimer la productivité multifactorielle comprend un terme représentant la part du capital. Dans des conditions où il n'existe qu'une seule catégorie d'actifs,

17. Nous avons utilisé la formule du coût d'usage du capital basée sur les taux réels pour estimer le coût exogène d'usage du capital. Pour la présentation des résultats, nous utilisons les taux de rendement nominaux, qui sont calculés par addition des taux réels de rendement et d'une moyenne mobile de cinq ans de la variation de l'indice des prix à la consommation.

la part du capital est égale au produit du revenu marginal du capital et du stock de capital de la catégorie d'actifs divisé par la valeur de la production totale.

Dans le cas du taux de rendement endogène, ce terme est calculé d'après la part du revenu national qui revient au capital. Lorsqu'on utilise un taux de rendement exogène, on ne peut plus supposer que la part du facteur épuise l'excédent et il faut l'estimer directement en multipliant le coût du capital par le stock de capital de l'actif. La part du capital dans les coûts pourrait ne pas être égale à l'excédent, parce que les taux de rendement choisis sous-estiment le rendement réel ou que les actifs ne sont pas tous inclus (par exemple, actifs incorporels). Dans le présent document, nous recalculons la part du capital dans les coûts pour le taux exogène en utilisant le coût d'usage du capital en rapport avec la méthode concernée.

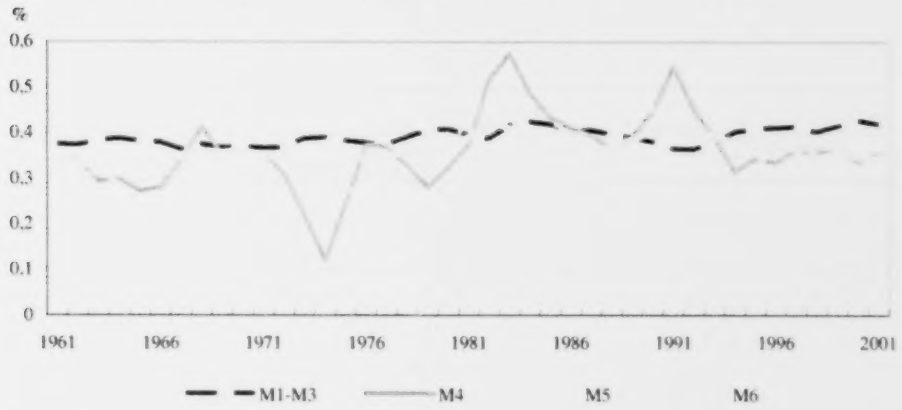
Les parts du capital calculées pour les méthodes endogènes (M1 à M3) excèdent de 3 points de pourcentage celle calculée pour la variante basée sur un taux de rendement exogène en omettant les gains en capital (M6) (tableaux 3 et 4). En outre, les tendances temporelles de ces séries sont généralement semblables, quoique la part calculée d'après le taux endogène ait tendance à augmenter durant la dernière partie de la période, tandis que celle calculée d'après le taux exogène diminue. La dernière tendance donne à penser que, si les actifs incorporels et autres associés à l'économie du savoir expliquent les différences entre les deux méthodes, leur rôle est devenu plus important ces dernières années.

La part du capital dans les coûts calculée d'après la spécification axée sur le taux endogène est plus stable que celle obtenue au moyen des spécifications basées sur le taux exogène. En particulier, la part du capital dans les coûts est plus stable si l'on utilise la spécification où les gains en capital sont représentés par la variation annuelle du prix des actifs (M1) que si l'on se sert de celle basée sur le taux exogène. Cette plus grande stabilité est obtenue en dépit du fait que la première spécification comporte le taux de rendement et l'estimation des gains en capital les plus instables. Les instabilités des séries de données sur le taux de rendement et sur les gains en capital utilisées dans M1 s'annulent, ce qui produit une série de données plus stables sur la part du capital dans les coûts totaux.

La stabilité de la série sur la part des coûts obtenue au moyen de la spécification endogène est l'un des avantages de cette technique quand on souhaite obtenir une valeur substitut pour suivre l'évolution au cours du temps du produit marginal du capital, qui est considéré comme n'étant pas très instable.

Les courbes de la part des coûts en fonction du temps obtenue au moyen des deux taux exogènes qui tiennent compte de la variation des prix des actifs (M4 et M5) diffèrent considérablement. Ces différences sont dues à l'instabilité de la série de données sur la variation du prix des actifs qui fait fluctuer le coût d'usage du capital. La part du capital dans les coûts totaux calculée par la méthode axée sur le taux exogène tenant compte des gains en capital sous forme d'une moyenne de cinq ans des variations des prix des actifs est plus stable que celle obtenue par la méthode axée sur le taux endogène qui tient compte des gains en capital annuels.

Figure 2 Part du capital dans les coûts du secteur des entreprises



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

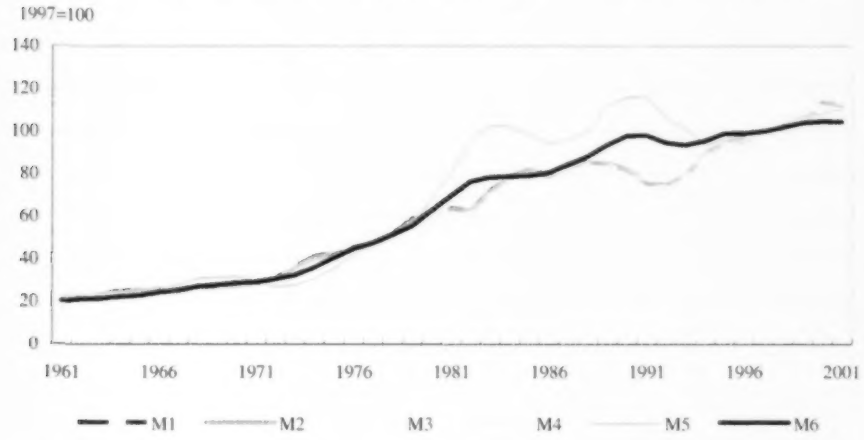
La part des coûts obtenue par la méthode basée sur le taux exogène en omettant les gains en capital mesurés par la variation des prix des actifs est moins instable que celle produite par les deux autres méthodes axées sur les taux exogènes tenant compte des gains en capital. Cette moins grande instabilité est due au fait que le coût d'usage du capital calculé d'après la première méthode est essentiellement exempt des variations des prix des actifs qui sont une source de fluctuation de la part du capital dans les coûts.

5.1.3 Coût des services de capital

La croissance du prix de location du capital au cours du temps reflète les variations du prix des actifs, le taux de rendement, le taux de dépréciation et les gains en capital. Le taux de croissance annuel est plus faible si l'on utilise un taux endogène plutôt qu'un taux exogène pour la période allant de 1961 à 1981 et plus élevé pour la période allant de 1981 à 2001. La différence est due principalement au fait que les gains en capital, mesurés par la variation des prix des actifs, sont positifs pour la première sous-période et négatifs pour la seconde. Sur l'ensemble de la période, l'écart entre les taux de croissance cumulatifs produits par chaque méthode est faible.

L'instabilité du coût d'usage du capital calculée en utilisant le taux exogène est assez différente de celle calculée à l'aide du taux endogène. La procédure conventionnelle (Harper, Berndt et Wood, 1989; Schreyer, Bignon et Dupont, 2003) consiste à supposer que le taux exogène choisi inclut les gains en capital et, donc, à soustraire les hausses des prix des actifs du taux de rendement exogène. Cette approche rend le coût d'usage du capital fortement instable dans le cas de la méthode basée sur le taux exogène, contrairement au résultat obtenu par la méthode basée sur le taux endogène, lequel est relativement constant en valeur nominale et encore plus stable en valeur réelle. Les données des tableaux 3 et 4 montrent que le coût d'usage du capital est plus instable pour les spécifications basées sur le taux exogène tenant compte des gains en capital annuels. La méthode basée sur le taux exogène ne produit une série stable de coûts du capital que si les variations des prix des actifs sont exclues du calcul. De nouveau, étant donné son instabilité

Figure 3 Coût des services de capital dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

moins grande, le coût obtenu par la méthode du taux endogène est favorisé par les analystes qui pensent que le produit marginal du capital ne varie que lentement au cours du temps.

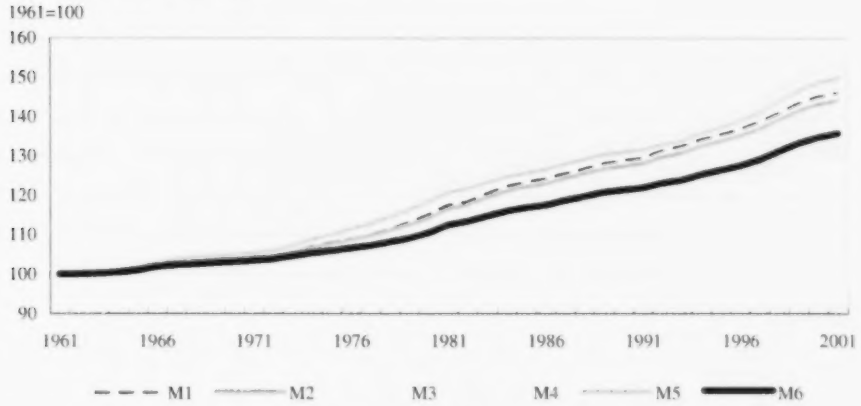
Il convient de souligner que les méthodes du taux endogène et du taux exogène produisent des fluctuations cycliques assez différentes. Le prix de location du capital endogène évolue de façon procyclique, étant à la baisse durant les récessions du début des années 1980 et des années 1990. Il en est ainsi parce que le taux de rendement endogène suit une tendance procyclique, alors que le taux exogène, par définition, ne le fait pas. La procyclicalité peut être un avantage, parce qu'elle permet d'obtenir une mesure de la productivité multifactorielle qui tient partiellement compte du fait qu'une quantité considérable de capital n'est pas utilisée durant une récession[18].

5.1.4 Effet de la composition du capital

L'effet de la composition du capital est le ratio de l'agrégat des flux de services de capital produits par les actifs pondéré par les prix de location à l'agrégat des flux de services de capital non pondéré. L'effet de la composition du capital sera positif si le poids des actifs dont la croissance est rapide est plus élevé, c'est-à-dire si leur coût d'usage du capital est plus élevé.

18. Pour une discussion plus approfondie de ces questions, voir Berndt et Fuss (1986), et Hulten (1986).

Figure 4 Effet de la composition du capital dans le secteur des entreprises, 1961 à 2001



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Quelle que soit la technique utilisée pour produire une approximation des gains en capital, la croissance de l'effet de la composition du capital est plus faible pour la méthode du taux endogène que pour celle du taux exogène. Schreyer (2004) présente des résultats comparables pour plusieurs pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

Le passage d'un taux de rendement endogène à un taux de rendement exogène mène à une accélération de la croissance de l'effet de la composition du capital et des services de capital. Ce résultat est dû à trois facteurs. Premièrement, le taux de rendement endogène estimé est plus élevé que le taux de rendement exogène dans le secteur canadien des entreprises. Deuxièmement, un taux de rendement plus élevé entraîne une croissance plus faible de l'effet de la composition du capital et de l'intrant services de capital, car l'utilisation d'un taux de rendement plus élevé dans le calcul du coût d'usage du capital atténue les écarts entre les coûts d'usage du capital de divers actifs dus à des différences entre les taux de dépréciation. Troisièmement, la corrélation entre le taux de dépréciation et le taux de croissance du capital est positive. L'ajout d'un taux de rendement plus élevé, mais constant, au taux de dépréciation atténue cette corrélation et, par conséquent, produit une croissance plus faible de l'effet de la composition du capital et des services de capital.

Il s'avère aussi que la croissance de l'effet de la composition du capital est plus faible dans le cas où les gains en capital calculés d'après les variations des prix des actifs ne sont pas inclus dans l'estimation du coût d'usage du capital. La formule du coût de location du capital dans laquelle sont incorporés les gains en capital propres à l'actif donne un effet plus important de la composition du capital que la formule n'intégrant pas ces gains en capital. Ce résultat est dû 1) au mouvement historique de long terme vers le matériel (dont le taux de dépréciation et le coût d'usage sont relativement élevés) au détriment des bâtiments et travaux de génie (dont le taux de dépréciation et le coût d'usage sont relativement faibles), ce qui accroît l'effet de la composition du capital et 2) à la tendance de long terme qu'ont les prix des bâtiments et travaux

Tableau 5 Coefficients de corrélation entre la croissance annuelle du stock de capital, le coût d'usage du capital, les gains en capital annuels et la dépréciation

	Croissance du stock de capital	Coût d'usage du capital	Gains en capital	Taux de dépréciation
1961 à 2001				
Croissance du stock de capital	1.000	...	...	...
Coût d'usage du capital	0.132	1.000	...	...
Gains en capital	0.004	-0.326	1.000	
Taux de dépréciation	0.217	0.462	-0.180	1.000
1961 à 1981				
Croissance du stock de capital	1.000	...	...	...
Coût d'usage du capital	0.070	1.000	...	...
Gains en capital	-0.066	-0.048	1.000	
Taux de dépréciation	0.139	0.182	-0.165	1.000
1981 à 2001				
Croissance du stock de capital	1.000	...	...	...
Coût d'usage du capital	0.401	1.000	...	...
Gains en capital	-0.193	-0.350	1.000	
Taux de dépréciation	0.359	0.617	-0.170	1.000

... n'ayant pas lieu de figurer

Notes : Les coefficients de corrélation sont calculés en utilisant comme pondérations les stocks de capital des actifs. Le coût d'usage du capital est estimé au moyen de M1.

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

de génie (dont le taux de dépréciation est faible) d'augmenter plus rapidement que les prix du matériel (dont le taux de dépréciation est élevé), de sorte que les gains en capital qui sont soustraits dans la formule du coût d'usage des bâtiments et travaux de génie sont plus grands que ceux soustraits dans la formule du coût d'usage du matériel. Cette tendance accroît l'écart entre les coûts d'usage des bâtiments et du matériel, ce qui donne lieu à une croissance plus importante de l'effet de la composition du capital.

Pour mieux comprendre l'effet des gains en capital sur la croissance de l'effet de la composition du capital, au tableau 5, nous avons estimé les coefficients de corrélation entre la croissance du stock de capital, la dépréciation et la variation du prix des actifs (gains en capital). Nous constatons qu'il existe une corrélation positive entre la dépréciation et la croissance du stock de capital calculée sur l'ensemble des actifs qui reflète le mouvement historique à long terme vers l'investissement en machines et matériel (dont le taux de dépréciation et le coût d'usage sont relativement élevés) au détriment de l'investissement en bâtiments et travaux de génie (dont le taux de dépréciation et le coût d'usage sont relativement faibles). Nous relevons aussi une corrélation négative entre le taux de dépréciation et les gains en capital qui traduit la tendance à long terme qu'ont les prix des bâtiments et travaux de génie (dont le taux de dépréciation est faible) d'augmenter plus rapidement que ceux des machines et du matériel (dont le taux de dépréciation est élevé).

Aucun classement manifeste des méthodes basées sur les taux de rendement endogène et exogène ne se dégage en ce qui concerne l'instabilité de la série de données sur l'effet de la composition du capital. Pour la période de 1961 à 1981, la méthode du taux endogène produit une série plus stable, tandis que pour celle de 1981 à 2001, la méthode du taux endogène qui tient compte de la variation du prix des actifs produit une série de données moins stable que les méthodes exogènes comparables.

Tableau 6 Effet de la variation du taux nominal de rendement sur la croissance de l'effet de la composition du capital et sur la croissance de la productivité multifactorielle

	Taux de rendement exogène multiplié par				
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital					
Période de 1961 à 1981	1,52	1,20	0,95	0,75	0,60
Période de 1981 à 2001	1,54	1,27	1,08	0,93	0,82
Part moyenne du capital dans les coûts					
Période de 1961 à 1981	0,17	0,25	0,32	0,39	0,46
Période de 1981 à 2001	0,28	0,34	0,40	0,46	0,53
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)					
Période de 1961 à 1981	1,97	1,58	1,23	0,90	0,58
Période de 1981 à 2001	0,56	0,44	0,33	0,21	0,10

Note : Fondé sur M5 : taux de rendement exogène avec gains en capital lissés.
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

5.1.5 Indices de croissance de la productivité multifactorielle

Les différences entre les taux de croissance de la productivité multifactorielle produits par les diverses méthodes étudiées sont dues à des différences entre les parts du capital dans les coûts de production utilisées et entre les taux de croissance de l'effet de la composition du capital.

La croissance de la productivité multifactorielle est plus rapide si nous utilisons le taux de rendement exogène plutôt que le taux endogène. Schreyer (2004) présente des résultats semblables pour plusieurs pays membres de l'OCDE.

Cette différence est due au fait que le taux de rendement endogène est plus faible que le taux exogène. La valeur du taux nominal de rendement a une incidence sur la croissance de la productivité multifactorielle par la voie de son effet sur la composition du capital et sur la part du capital dans les coûts. L'utilisation d'un taux de rendement plus faible dans l'estimation du coût d'usage du capital se traduit par un effet de la composition plus élevé et une part des services du capital dans les coûts de production plus faible dans le calcul de la croissance de la productivité multifactorielle. Le premier élément entraîne une décélération de la croissance de la productivité multifactorielle, tandis que le second donne lieu à une accélération de cette croissance. L'effet global de ces deux éléments compensatoires est une augmentation du taux de croissance de la productivité multifactorielle, car l'effet de la variation de la part du capital dans les coûts a tendance à être plus important que celui de la variation de la composition du capital.

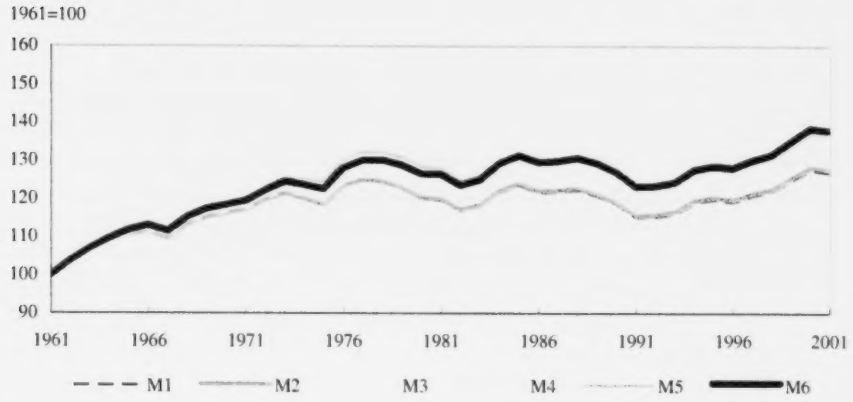
Pour examiner plus en profondeur l'effet de la variation du taux de rendement nominal sur la croissance de l'effet de la composition du capital et sur celle de la productivité multifactorielle, nous avons estimé ces croissances en utilisant différents taux de rendement nominaux (tableau 6). Nous constatons que l'augmentation du taux de rendement nominal ralentit la croissance de l'effet de la composition du capital, accroît la part du capital dans les coûts et ralentit la croissance de la productivité multifactorielle. Ces résultats soulignent qu'il est important de choisir le taux de rendement exogène approprié afin d'éviter des erreurs d'estimation de la productivité multifactorielle. En outre, ils donnent une idée du type d'intervalle de confiance qu'il convient d'utiliser pour orienter les utilisateurs des données en ce qui concerne l'exactitude des statistiques sur la productivité multifactorielle. D'après le tableau 6, nous calculons qu'un écart du taux de rendement de 25 % par rapport à la valeur réelle (ce qui correspondrait à un intervalle de 3 % à 5 % autour de la valeur de 4 % dans la valeur du taux de rendement) produit un intervalle de l'ordre de ± 0,34 point de pourcentage ou ± 28 % pour le taux de croissance de la productivité multifactorielle de 1,23 % calculé pour la sous-période de 1961 à 1981, et de ± 0,11 point de pourcentage ou ± 33 % pour la sous-période de 1981 à 2001.

La croissance estimée de la productivité multifactorielle est plus faible si l'on suit la méthode d'estimation du coût d'usage du capital qui tient compte des gains en capital au moyen des variations de prix des actifs que si l'on utilise la méthode comparable où sont omis les gains en capital. Cette différence est due à l'effet plus important de la composition du capital sur l'estimation qui tient compte des gains en capital. Par contre, si l'on ajoute le terme des gains en capital au lieu de le soustraire (M5*)[19], la croissance annuelle de la productivité multifactorielle passe de 1,23 % à 1,03 % durant la sous-période de 1961 à 1981.

L'utilisation d'un horizon plus lointain (p. ex., moyenne mobile centrée de cinq ans) au lieu d'un horizon d'un an pour les gains en capital a peu d'effet sur la croissance de la productivité multifactorielle et sur celle de l'effet de la composition du capital. En revanche, elle a une incidence sur la stabilité du prix de location du capital et sur le taux de rendement. Nous obtenons le taux estimé de rendement le plus instable quand nous utilisons les gains en capital réalisés annuels évalués d'après les variations des prix des actifs plutôt qu'une estimation des gains en capital à plus longue échéance. L'estimation du prix de location du capital la plus instable est celle produite en utilisant dans la formule les gains en capital réalisés, ainsi qu'un taux de rendement exogène. De nouveau, ce résultat donne à penser que l'utilisation du taux exogène est moins appropriée si le produit marginal du capital demeure relativement stable au cours du temps.

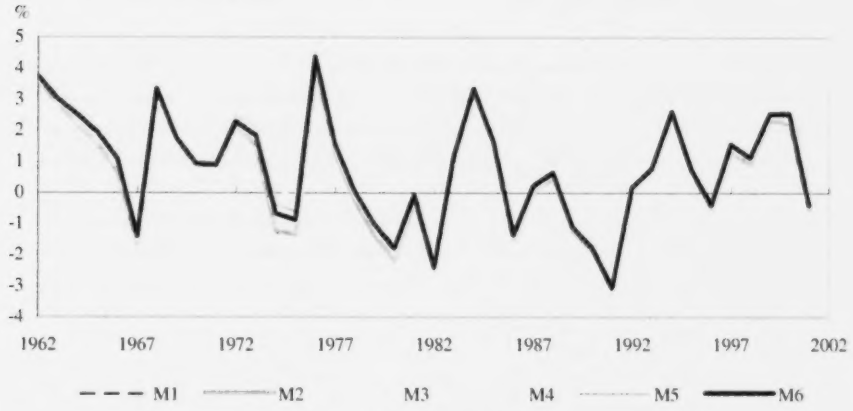
19. Cette stratégie est celle qui est pertinente si le taux exogène est calculé après déduction des gains en capital, ce qui serait le cas si le taux de rendement du capital-actions intégré dans le taux exogène reflétait les gains en capital revenant aux propriétaires des capitaux propres.

Figure 5 Productivité multifactorielle dans le secteur des entreprises, 1961 à 2001



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Figure 6 Croissance de la productivité multifactorielle dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Nos résultats concernant l'effet de l'inclusion des gains en capital sous forme de variations instantanées des prix ou sous forme de moyenne au cours du temps renvoient au débat entre Denison (1969), d'une part, et Jorgenson et Griliches (1967), d'autre part, sur la mesure du coût d'usage du capital. Alors que Jorgenson et Griliches ont utilisé un rajustement annuel pour tenir compte des gains en capital (M1), Denison a soutenu que l'incorporation d'une moyenne de long terme des gains en capital pourrait être plus appropriée (M2). Selon nos résultats pour le Canada, le choix entre les gains en capital réalisés et les gains en capital moyens à long terme a peu d'effet sur la moyenne et la variance des estimations de la croissance annuelle de la productivité multifactorielle et de la croissance annuelle de l'effet de la composition du capital. L'effet principal a trait à l'instabilité du taux de rendement interne et du prix de location du capital.

Enfin, il convient de souligner que les différences observées entre les diverses méthodes étudiées sont surtout pertinentes dans le cas d'inférences au sujet des tendances à long terme de la productivité multifactorielle. La figure 6 illustre les différences entre nos six méthodes pour le taux annuel de variation de la productivité multifactorielle de 1961 à 2001. Il est difficile de distinguer une méthode d'une autre d'après ces données annuelles. Ce n'est qu'à la figure 5 que les différences entre les effets cumulatifs se dégagent sur une plus longue période de référence.

5.2 Biais dus à l'omission des dispositions fiscales applicables aux sociétés

Les considérations fiscales sont un élément essentiel du prix des services de capital. Pourtant, il est fréquent que les études empiriques ne tiennent pas compte des effets de la fiscalité sur le calcul du coût d'usage du capital. À la présente section, nous examinons le biais que cette omission introduit dans nos estimations.

Nous avons suivi les mêmes méthodes endogènes et exogènes pour recalculer le prix unitaire du capital avant impôt et les autres variables pertinentes entrant dans l'estimation de la productivité multifactorielle. La formule du coût d'usage du capital qui ne tient pas compte des effets de la fiscalité est donnée par l'expression (12). Dans cette formule, r_t est le taux de rendement avant déduction de l'impôt sur les sociétés. Par conséquent, le taux de rendement utilisé dans la méthode basée sur le taux exogène devrait être choisi en tant que tel. Le choix se porte souvent sur le rendement de la dette ou sur une somme pondérée des rendements de la dette et du capital-actions. Toutefois, fréquemment, ces taux sont nets de l'impôt des sociétés et devraient être convertis à leur valeur avant impôt. Dans le présent document, nous calculons le taux de rendement avant impôt à utiliser dans la méthode exogène en divisant le taux de rendement après impôt par $(1-u)$, où u est le taux d'imposition fixé par la loi et le taux de rendement après impôt est une somme pondérée des rendements du capital-actions et de la dette des sociétés.

Les considérations d'ordre fiscal ont une incidence sur l'estimation de l'effet de la variation de la composition du capital par la voie de leur effet sur le coût d'usage relatif des divers actifs. D'une part, l'inclusion des paramètres fiscaux dans la formule réduit le taux de rendement. Nos résultats donnent à penser que cet effet accentuera l'écart entre les actifs dont le coût d'usage est élevé et ceux dont le coût d'usage est faible, ce qui produira un effet plus important de la composition du capital (tableau 6). D'autre part, l'inclusion des paramètres fiscaux réduit le coût d'usage des actifs dont le taux de dépréciation et le prix de location sont élevés, parce qu'une plus grande provision pour consommation de capital est soustraite des coûts d'usage de ces actifs. L'écart entre les coûts d'usage des actifs sera donc atténué et l'effet de la composition du capital sera plus faible. Les deux effets des paramètres fiscaux se compensent.

Aux tableaux 7 et 8, nous présentons les résultats pour les sous-périodes de 1961 à 1981 et de 1981 à 2001, respectivement. Les figures 7 à 11 résument les résultats obtenus au moyen des diverses méthodes pour chaque année de la période de 1961 à 2001. Nous constatons que ne pas tenir compte de l'impôt des sociétés introduit un biais par excès dans l'estimation de l'effet de la composition du capital dans le cas de la méthode basée sur le taux endogène, pour les deux sous-périodes. Pour les méthodes basées sur le taux exogène, l'omission des paramètres fiscaux produit un biais par excès dans l'estimation de l'effet de la composition du capital pour la période de 1981 à 2001, tandis que son effet sur cette estimation pour 1961 à 1981 dépend de la méthode exogène utilisée.

Tableau 7 Biais dus à la non-prise en compte de l'impôt des sociétés dans l'estimation du coût d'usage du capital pour le secteur des entreprises, 1961 à 1981

	Taux de rendement endogène			Taux de rendement exogène		
	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Taux de rendement nominal moyen	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
Part moyenne du capital dans les coûts	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,40
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	5,48	5,52	5,70	7,18	7,78	7,62
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,81	0,77	0,59	0,81	0,75	0,55
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,90	0,91	0,98	0,94	0,94	0,91
Pourcentage de valeur négative du coût d'usage du capital	0,17	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
	Biais dû à l'omission des dispositions fiscales					
Taux de rendement nominal moyen	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08
Part moyenne du capital dans les coûts	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,05
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	0,00	0,00	-0,07	1,68	1,38	1,45
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,00	0,00	0,07	-0,21	-0,20	-0,04
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,00	0,00	-0,03	-0,32	-0,30	-0,26

Note : Le biais dû à la non-prise en compte de la fiscalité dans l'estimation du coût d'usage du capital est la différence entre l'estimation de ce coût qui ne tient pas compte des impôts et celle qui en tient compte.

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

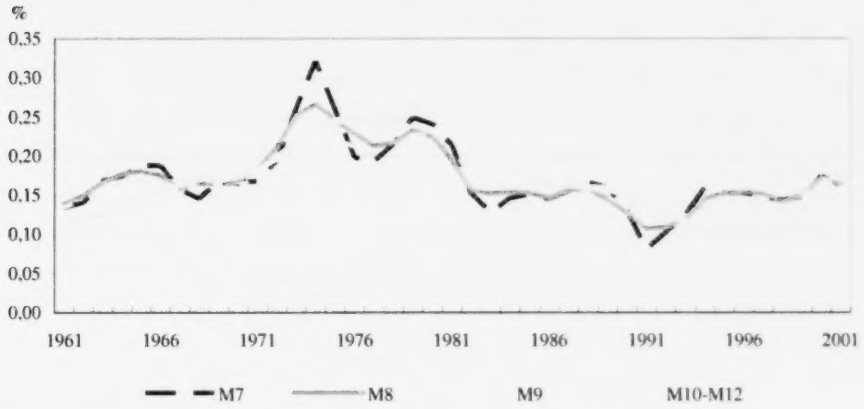
Tableau 8 Biais dus à la non-prise en compte de l'impôt des sociétés dans l'estimation du coût d'usage du capital pour le secteur des entreprises, 1981 à 2001

	Taux de rendement endogène			Taux de rendement exogène		
	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Taux de rendement nominal moyen	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15
Part moyenne du capital dans les coûts	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,39
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	2,81	2,83	2,98	0,57	0,16	0,46
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	1,08	1,07	0,92	1,13	1,11	0,97
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,30	0,30	0,36	0,31	0,32	0,41
Pourcentage de valeur négative du coût d'usage du capital	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Biais dû à l'omission des dispositions fiscales					
Taux de rendement nominal moyen	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Part moyenne du capital dans les coûts	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Variation annuelle du prix de location du capital (%)	0,00	-0,01	-0,02	-1,67	-1,41	-1,56
Croissance annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,02

Note : Le biais dû à la non-prise en compte de la fiscalité dans l'estimation du coût d'usage du capital est la différence entre l'estimation de ce coût qui ne tient pas compte des impôts et celle qui en tient compte.

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

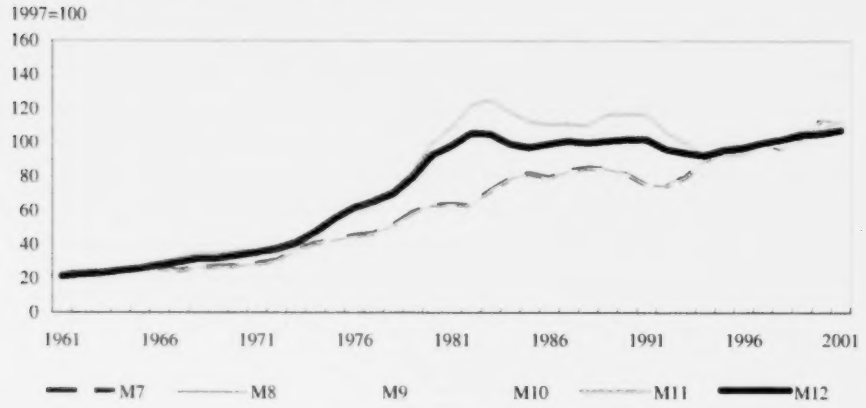
Figure 7 Taux de rendement nominal avant impôt dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

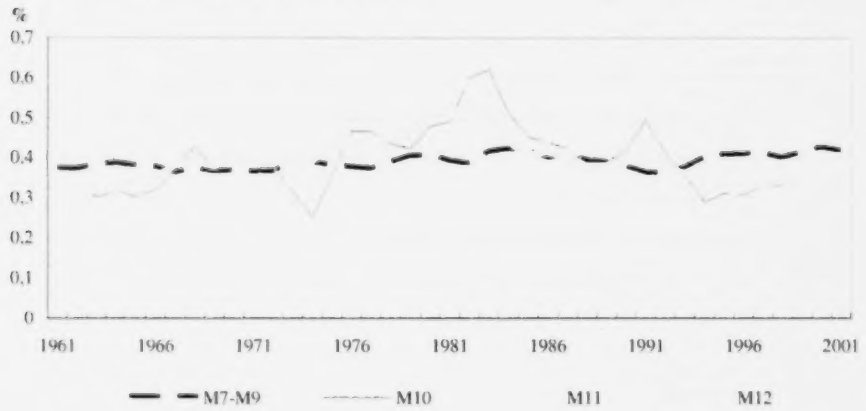
La méthode d'estimation du coût d'usage du capital qui ne tient pas compte des paramètres fiscaux produit, dans l'estimation de la croissance estimée de la productivité multifactorielle par les méthodes basées sur un taux de rendement endogène, un biais par défaut qui est le résultat du biais par excès dans l'estimation de l'effet de la composition du capital obtenue par ces méthodes. Dans le cas des méthodes basées sur un taux exogène, ne pas tenir compte des paramètres fiscaux introduit dans l'estimation de la part du capital dans les coûts un bais qui s'ajoute au biais dans l'estimation de l'effet de la composition du capital. Ce biais supplémentaire produit par la méthode basée sur le taux exogène, est significatif et donne lieu à un biais beaucoup plus important dans l'estimation de la croissance de la productivité multifactorielle pour la sous-période de 1961 à 1981. Pour celle de 1981 à 2001, le biais supplémentaire, dans l'estimation de la part du capital dans les coûts, est faible et a donc peu d'effet sur l'estimation de la croissance de la productivité multifactorielle.

Figure 8 Coût des services de capital dans le secteur des entreprises, pas de paramètres fiscaux



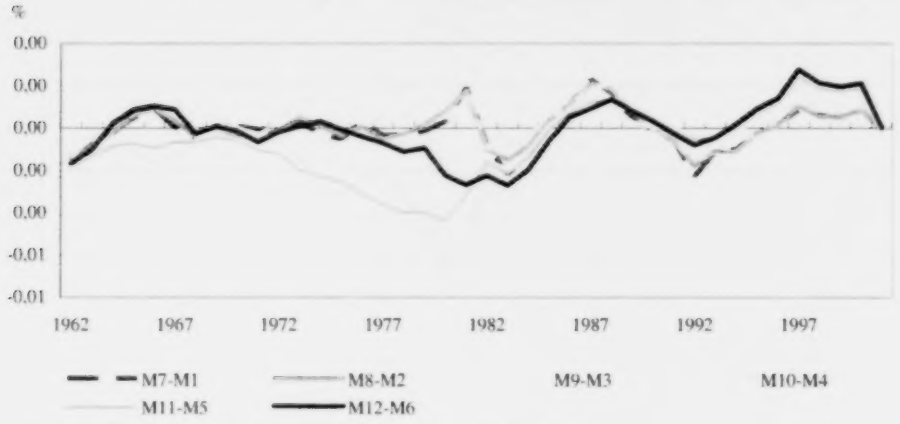
Note : 1997=100.
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Figure 9 Part du capital dans les coûts dans le secteur des entreprises, pas de paramètres fiscaux



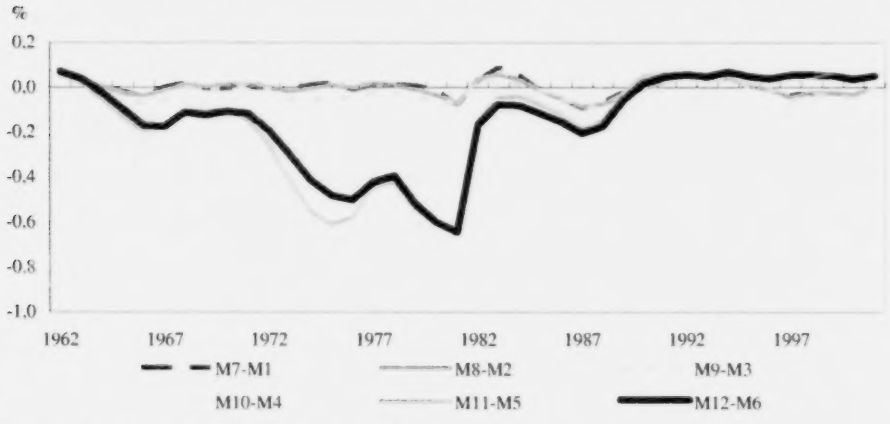
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Figure 10 Effets de la non-prise en compte des dispositions fiscales dans la formule du coût d'usage du capital sur la croissance de l'effet de la composition du capital dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada. les Comptes canadiens de la productivité.

Figure 11 Effets de la non-prise en compte des dispositions fiscales dans la formule du coût d'usage du capital sur la croissance de la productivité multifactorielle dans le secteur des entreprises



Source : Statistique Canada. les Comptes canadiens de la productivité.

Les figures 10 et 11 montrent que le biais dû au fait de ne pas tenir compte des paramètres fiscaux dans les estimations annuelles de la productivité multifactorielle et de l'effet de la composition du capital est nettement plus important dans le cas de la méthode basée sur un taux exogène que dans celui de la méthode basée sur un taux endogène. Une fois de plus, ce résultat laisse entendre que la méthode endogène offre un avantage par rapport à la méthode exogène.

Tableau 9 Liste des industries pour l'estimation du coût d'usage du capital par industrie

Code	Industrie	Code	Industrie
1	Agriculture	19	Machinerie
2	Exploitation minière	20	Ordinateurs et produits électroniques
3	Services publics	21	Matériel électrique
4	Construction	22	Matériel de transport
5	Aliments	23	Meubles
6	Boissons et tabac	24	Autres industries manufacturières
7	Textiles	25	Commerce de gros
8	Habillement	26	Commerce de détail
9	Cuir et produits connexes	27	Transports
10	Produits du bois	28	Information et culture
11	Fabrication du papier	29	Finance, assurances et services immobiliers
12	Imprimerie	30	Services professionnels et techniques
13	Produits dérivés du pétrole et du charbon	31	Services administratifs et de gestion des déchets
14	Produits chimiques	32	Services d'enseignement
15	Plastiques et caoutchoucs	33	Services de santé
16	Produits minéraux non métalliques	34	Arts et loisirs
17	Première transformation des métaux	35	Hébergement
18	Fabrication de produits métalliques	36	Autres services

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

5.3 Résultats par industrie

Nous allons maintenant examiner les effets des diverses spécifications de la formule du prix de location du capital sur l'estimation de la croissance de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle au niveau de l'industrie. Pour ce faire, nous utilisons un ensemble de données KLEMS (capital, travail, énergie, matières et services) au niveau de l'industrie couvrant 36 industries du secteur canadien des entreprises pour la période de 1961 à 2001. L'ensemble de données est tiré d'un ensemble de données KLEMS par industrie plus détaillé couvrant 88 industries du secteur des entreprises définies d'après le SCIAN. Le tableau 9 donne la liste des 36 industries.

L'estimation de la croissance de la productivité multifactorielle au niveau de l'industrie est fondée sur la production brute et calculée par la différence entre la croissance de la production brute et la croissance pondérée du capital, du travail et des intrants intermédiaires.

La partie supérieure du tableau 10 présente une simple moyenne du taux de rendement nominal, de la part du capital dans les coûts, de la croissance annuelle de l'effet de la composition du capital et de la croissance annuelle de la productivité multifactorielle durant la période de 1981 à 2001 sur les 36 industries. Nous constatons que le taux de rendement endogène est plus élevé que le taux exogène durant cette période. Le taux exogène moyen est de 0,09, tandis que le taux endogène moyen est de 0,21 si l'on utilise les spécifications M1 et M2 du prix de location du capital, et de 0,22 si l'on utilise la spécification M3.

Tableau 10 Effets de diverses spécifications de la formule du coût d'usage du capital sur la croissance des services du capital et de la productivité multifactorielle au niveau de l'industrie, 1981 à 2001

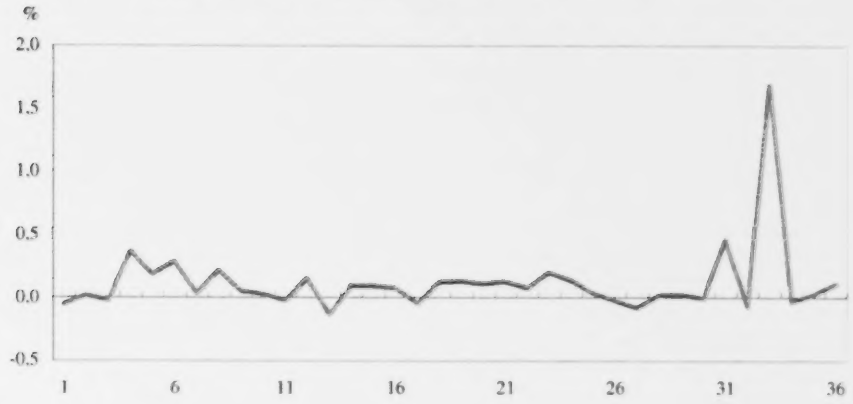
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Moyenne de la statistique sur les industries						
Taux nominal de rendement	0,21	0,21	0,22	0,09	0,09	0,09
Part du capital dans les coûts	0,17	0,17	0,17	0,15	0,15	0,14
Variation annuelle en % du coût d'usage du capital	3,01	3,04	3,21	1,73	1,26	1,71
Variation annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	0,87	0,84	0,67	1,07	1,05	0,90
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	0,12	0,12	0,15	0,26	0,26	0,30
Moyenne des écarts-types des statistiques sur les industries						
Taux nominal de rendement	0,082	0,078	0,079	0,025	0,025	0,025
Part du capital dans les coûts	0,026	0,026	0,026	0,038	0,031	0,022
Variation annuelle en % du coût d'usage du capital	20,683	20,685	20,661	13,518	6,180	3,529
Variation annuelle de l'effet de la composition du capital (%)	1,132	1,108	0,962	1,483	1,470	1,367
Croissance annuelle de la productivité multifactorielle (%)	2,430	2,429	2,425	2,454	2,454	2,431
Pourcentage de valeur négative du coût d'usage du capital	0,77	0,77	0,70	0,00	0,00	0,00

Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Le taux de rendement endogène relativement élevé produit une estimation de la croissance de l'effet de la composition du capital plus importante pour la méthode basée sur le taux endogène que pour celle basée sur le taux exogène et une estimation de la croissance de la productivité multifactorielle plus faible. Par exemple, quand nous tenons compte des gains en capital de long terme (M2), la croissance annuelle de la productivité multifactorielle est de 0,12 % et la croissance annuelle de l'effet de la composition du capital, de 0,84 % de 1981 à 2001 pour la méthode basée sur le taux endogène. Pour celle basée sur le taux exogène, la croissance annuelle de la productivité multifactorielle est de 0,26 % et celle de l'effet de la composition du capital, de 1,05 %. Ces écarts entre les moyennes non pondérées de la productivité multifactorielle sur l'ensemble des industries étudiées pour les méthodes endogène et exogène sont nettement plus importants que ceux présentés aux tableaux 3 et 4 pour le secteur des entreprises dans son ensemble.

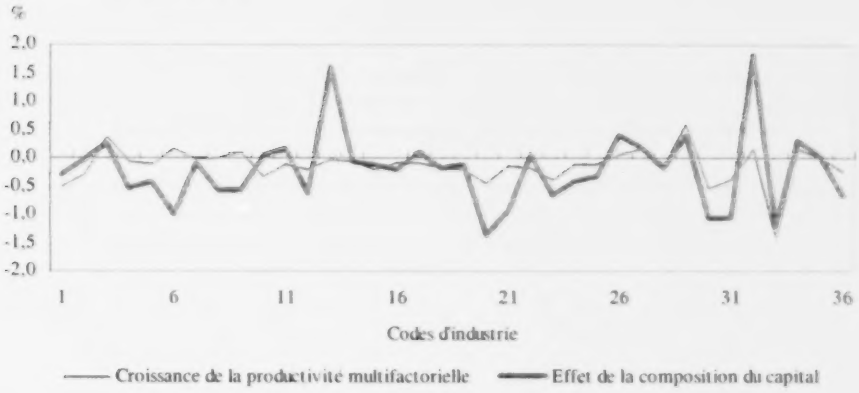
La figure 12 montre que la variation du taux de rendement endogène selon l'industrie est très importante. Ce taux endogène est supérieur au taux de rendement exogène pour la plupart des industries et sa valeur paraît raisonnable pour la plupart d'entre elles. Toutefois, sa valeur pour l'industrie des services de santé privés (industrie 33) est extrêmement élevée et douteuse.

Figure 12 Écart entre les taux de rendement endogène et exogène moyens sur la période de 1981 à 2001 selon l'industrie



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

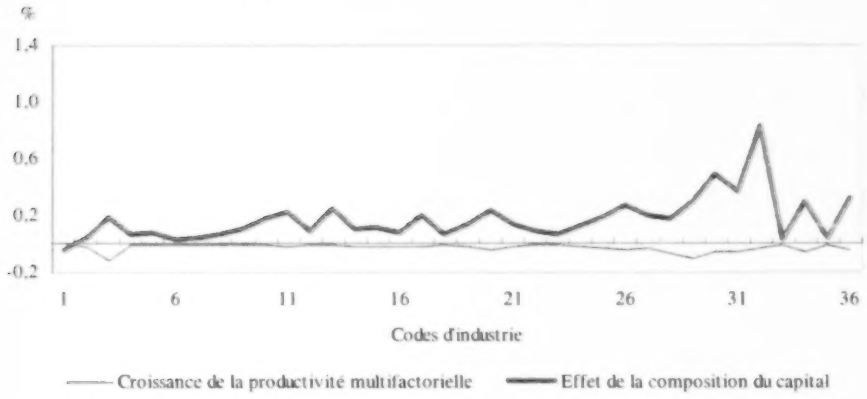
Figure 13 Écart entre les taux annuels de croissance de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle produits par les méthodes endogène et exogène selon l'industrie



Note : Les gains en capital annuels sont inclus dans l'estimation du coût d'usage du capital.
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

La figure 13 indique que la méthode basée sur le taux endogène produit des taux de croissance de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle plus faibles que la méthode basée sur le taux exogène pour presque toutes les industries étudiées, résultat qui est dû à la valeur relativement élevée du taux de rendement endogène.

Figure 14 Différence entre les taux de croissance annuels de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle obtenus par la méthode basée sur le taux endogène avec et sans gains en capital, selon l'industrie



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Les variantes de la spécification des gains en capital ont également un effet important sur les estimations de la croissance de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle au niveau de l'industrie. La croissance de l'effet de la composition du capital est plus forte et celle de la productivité multifactorielle, plus faible, pour les spécifications tenant compte des gains en capital (M1, M2, M4 et M5) que pour celles qui ne le font pas (M3 et M6). Comme l'illustre la figure 14, ce profil s'observe pour toutes les industries.

La partie inférieure du tableau 10 présente une simple moyenne de l'écart-type du taux de rendement, de la part du capital dans les coûts, de la croissance annuelle de l'effet de la composition du capital et de celle de la productivité multifactorielle sur l'ensemble des 36 industries étudiées du secteur canadien des entreprises. Nous constatons que le taux de rendement exogène est beaucoup plus stable que le taux endogène, l'écart-type de ce dernier étant environ 2,2 fois plus grand que celui du premier.

L'instabilité relativement importante du taux de rendement endogène entraîne la forte instabilité du prix de location du capital. L'écart-type de la croissance annuelle du prix de location du capital est beaucoup plus grand dans le cas de la méthode basée sur le taux endogène que celle basée sur le taux exogène.

La variabilité assez forte du taux de rendement endogène pourrait faire penser que la spécification basée sur ce taux produira une estimation de la croissance de la productivité multifactorielle et de l'effet de la composition du capital plus instable que celle basée sur le taux de rendement exogène. Or, les résultats du tableau 10 contredisent cette attente. Nous constatons que l'écart entre les taux de croissance annuelle de la productivité multifactorielle et de l'effet de la composition du capital produit par les deux spécifications est très faible. En ce qui concerne la croissance annuelle de la productivité multifactorielle, l'écart-type est presque le même pour la

méthode basée sur le taux endogène que pour celle basée sur le taux exogène. Pour le taux de croissance de l'effet de la composition du capital, il est plus petit dans le cas de la spécification basée sur le taux exogène, mais l'écart est faible. L'écart le plus important est de 42 % entre M3 et M6. L'écart le plus faible est de 31 % entre M1 et M4.

Les diverses variantes de la spécification des gains en capital ont peu d'effet sur la stabilité du taux de croissance annuelle de la productivité multifactorielle, mais influent sur celle de la croissance annuelle de l'effet de la composition du capital. Poser que les gains en capital réels sont nuls (M3 et M6) produit une série de données sur la croissance de l'indice de la composition du capital plus stable que supposer qu'ils correspondent aux variations des prix des actifs (M1, M2, M4 et M5), particulièrement pour la méthode basée sur le taux endogène.

Le lissage des gains en capital dans le calcul du coût d'usage du capital a peu d'influence sur la stabilité des taux de croissance de l'effet de la composition du capital et de la productivité multifactorielle au niveau de l'industrie.

Les spécifications basées sur le taux de rendement endogène produisent une proportion importante d'estimations négatives du coût d'usage du capital. Les spécifications M1 et M2 sont celles qui donnent le plus grand nombre d'estimations négatives, 0,77 % des coûts d'usage du capital déterminés pour 21 600 combinaisons de 30 actifs, 36 industries et 20 années (1981 à 2001) étant négatifs.

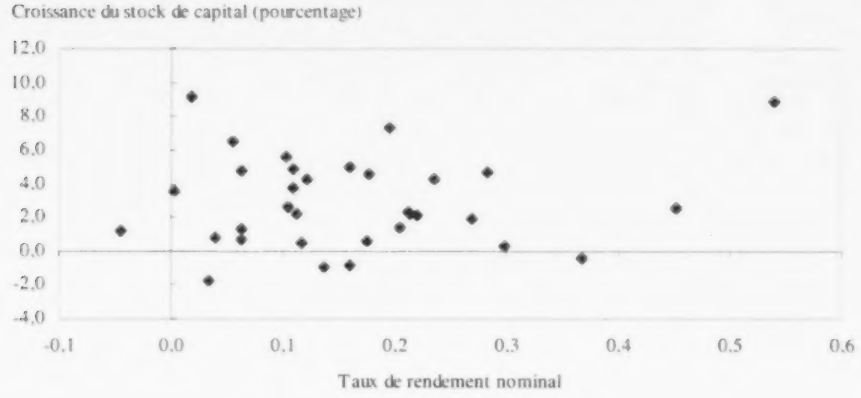
Brièvement, la méthode d'estimation de la croissance de la productivité multifactorielle basée sur un taux de rendement endogène présente les mêmes avantages au niveau de l'industrie qu'au niveau agrégé, à part une mise en garde. L'utilisation du taux endogène produit des anomalies particulières. Néanmoins, nous considérons cela comme un avantage plutôt qu'un inconvénient de cette méthode. Grâce au rapprochement des estimations par industrie de l'excédent et du stock de capital, qui proviennent de sources différentes dans le Système de comptabilité nationale, cette approche permet aux analystes d'améliorer la cohérence des comptes d'industrie.

5.3.1 Agrégation des services de capital sur les industries

Nos résultats indiquent que le taux de rendement endogène varie considérablement selon l'industrie. Deux explications peuvent être avancées pour cette variation inter-industries selon les hypothèses conjoncturelles émises.

D'une part, si l'on estime que l'arbitrage des marchés est rapide, le taux de rendement du capital devrait être à peu près le même dans toutes les industries. Dans ce cas, les différences de taux de rendement du capital observées entre les industries reflèteront les erreurs de mesure aléatoires de l'investissement, du stock de capital et du revenu du capital. Le cas échéant, nous devrions utiliser un taux de rendement moyen constant pour calculer le coût d'usage des services du capital au niveau de l'industrie. Cette utilisation d'un taux commun de rendement réduira les erreurs de mesure figurant dans les estimations des services de capital qui seraient autrement importées des données sous-jacentes.

Figure 15 Diagramme de dispersion de la croissance du stock de capital en fonction du taux de rendement endogène



Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

D'autre part, les différences de taux de rendement entre industries pourraient être réelles et systématiques. Elles pourraient refléter les obstacles à la mobilité du capital d'une industrie à l'autre et indiquer que l'arbitrage destiné à faire converger les taux de rendement ne se fait pas rapidement. Dans ce cas, nous devrions utiliser un taux de rendement propre à l'industrie pour calculer le coût d'usage des services de capital au niveau de l'industrie.

La corrélation est positive entre le taux de rendement endogène moyen et la croissance du stock de capital pour la sous-période de 1981 à 2001 pour l'ensemble des industries étudiées (figure 15). L'estimation d'une régression de la croissance du stock de capital sur le taux de rendement moyen produit un coefficient du taux de rendement moyen positif et statistiquement significatif au seuil de signification de 5 %.

Ce résultat donne à penser que la différence de taux de rendement entre les industries est réelle et que le capital a tendance à se déplacer vers les industries où le taux de rendement du capital est relativement élevé. Certains soutiennent que, dans ces conditions, on devrait utiliser le taux de rendement propre à l'industrie pour calculer le coût d'usage du capital, puis calculer les services agrégés de capital par agrégation de ces services sur les industries (Jorgenson, Gollop et Fraumeni, 1987). Cette approche tient compte des différences de taux de rendement entre les industries et permet d'éviter l'hypothèse de mobilité parfaite de l'intrant capital entre les industries.

Pour ce faire, nous définissons ici l'intrant capital agrégé comme étant une agrégation de Törnqvist des services de capital sur les industries

$$(22) \qquad \Delta \ln K^{*} = \sum_{j} \overline{v}_{j} \Delta \ln K_{j} ,$$

où $\overline{v}_j$ est la part moyenne sur deux périodes de l'industrie j dans la valeur de l'intrant capital agrégé. L'intrant services de capital de l'industrie j (K_j) est calculé par agrégation de Törnqvist de toutes les catégories d'intrant capital :

$$(23) \qquad \Delta \ln K_j = \sum_k \overline{v}_{kj} \Delta \ln K_{kj} ,$$

où $\overline{v}_{kj}$ est la part moyenne sur deux périodes de l'actif k dans la valeur des services de capital de l'industrie j.

L'approche suivie antérieurement pour calculer les services de capital agrégés était fondée sur l'hypothèse que le rendement de l'intrant capital est le même dans toutes les industries. S'il en est ainsi, la valeur agrégée des services de capital de l'actif k est égale à la somme des services de capital sur l'ensemble des industries :

$$(24) \qquad K_k = \sum_j K_{kj}$$

et les services agrégés de capital sont définis comme étant un indice de Törnqvist de toutes les catégories d'intrant capital :

$$(25) \qquad \Delta \ln K = \sum_k \overline{v}_k \Delta \ln K_k .$$

La différence entre les deux variantes de l'estimation des services agrégés de capital peut s'écrire :

$$(26) \qquad \Delta \ln K' - \Delta \ln K = \sum_k \overline{v}_k \left(\sum_j \overline{w}_{kj} \Delta \ln K_{kj} - \Delta \ln K_k \right),$$

où $\overline{w}_{kj}$ est la moyenne sur deux périodes de la part de l'intrant capital k dans l'industrie j dans la valeur totale de l'intrant capital k.

Cette différence mesure l'effet de la réallocation des services de capital entre les industries. Il est positif si cette réallocation se fait en direction des industries où le taux de rendement est relativement élevé et où, implicitement, le produit marginal du capital est plus grand.

Tableau 11 Deux variantes d'estimation de la croissance annuelle des services de capital et de la productivité multifactorielle dans le secteur des entreprises, en pourcentage

	M2 et taux propre à l'industrie	M2 et même taux de rendement
Période de 1961 à 1981		
Services de capital	6,19	5,35
Effet de la composition du capital	1,60	0,77
Croissance de la productivité multifactorielle	0,59	0,91
Réallocation du capital	0,83	...
Période de 1981 à 2001		
Services de capital	3,55	3,09
Effet de la composition du capital	1,52	1,06
Croissance de la productivité multifactorielle	0,12	0,31
Réallocation du capital	0,46	...

... n'ayant pas lieu de figurer
Source : Statistique Canada, les Comptes canadiens de la productivité.

Le tableau 11 présente les deux variantes de l'estimation des services agrégés du capital et de l'effet de la composition du capital pour l'ensemble du secteur des entreprises de 1961 à 1981 et de 1981 à 2001 avec utilisation du taux de rendement endogène et de gains en capital lissés sur cinq ans. Le tableau révèle un écart important entre les deux estimations des services agrégés du capital. La réallocation des services de capital entre les industries explique 52 % de la croissance de l'effet de la composition du capital entre 1961 et 1981 et 30 % de cette croissance entre 1981 et 2001. Le taux de croissance de la productivité multifactorielle est réduit en conséquence.

6. Conclusion

Les différences entre les estimations de la productivité multifactorielle présentées dans ce document laissent entendre que les hypothèses émises au départ ont de l'importance. Les diverses méthodes étudiées produisent une gamme d'estimations. Le statisticien confronté à des différences est obligé d'examiner les hypothèses sous-jacentes et d'écarter celles qui sont moins acceptables, du point de vue théorique ou pratique.

L'une des hypothèses les plus problématiques envisagées ici a trait à la prise en compte des gains en capital dans le calcul du coût d'usage du capital. Selon Harper, Berndt et Wood (1989), bien que le terme de gains en capital soit justifié du point de vue théorique, il est probablement préférable de n'inclure dans l'analyse qu'un terme lissé, parce que les séries non lissées sont tellement instables qu'il est difficile de croire que les entreprises essaieront d'en tenir compte. Ou bien, fait plus important, nous pourrions soutenir que la productivité marginale du capital ne peut pas être ajustée aux fluctuations rapides d'un prix de location du capital qu'engendre la mesure habituelle des gains en capital.

Malgré les réserves quant à l'introduction d'un terme de gains en capital, nos résultats montrent que le passage d'une variante où sont incluses les anticipations instantanées à une moyenne mobile a peu d'effet sur l'estimation de la productivité multifactorielle. L'élément qui est de loin plus important est la décision ou non d'inclure le terme de gains en capital. Que nous adoptions la méthode basée sur le taux endogène ou exogène, le passage de la spécification ne contenant ostensiblement pas de gains en capital à celle contenant un terme de gains en capital lissés cause une baisse de l'estimation de la productivité multifactorielle de l'ordre de 20 % à 30 %.

La méthode d'intégration des gains en capital utilisée dans la plupart des variantes examinées dans le présent document est la méthode conventionnelle, qui consiste à estimer le taux de variation des prix des actifs au cours du temps, puis de calculer le taux de variation agrégé de ces prix. En outre, nous convenons, comme il est préconisé dans la littérature, qu'en théorie une certaine forme de gains en capital devrait être incluse. Cependant, nous soutenons qu'il vaudrait mieux tirer certaines orientations des marchés proprement dits que formuler des hypothèses arbitraires quant à la façon de traduire ces variations en anticipations des variations de long terme du prix du capital.

Puisque la décision de tenir compte des gains en capital est essentiellement arbitraire, nous pouvons imposer une borne à nos estimations en comparant la différence entre M2 et M3 ou M5 (M5*) et M6. Pour la période de 1981 à 2001, ces différences sont de 0,10 point de pourcentage, soit environ 30 % de l'estimation de la productivité multifactorielle M5. L'écart est nettement plus faible pour la méthode basée sur le taux exogène. Pour la période de 1961 à 1981, les intervalles sont plus faibles, de l'ordre de 4 % à 10 %.

L'autre décision importante que doit prendre l'analyste concerne l'utilisation d'un taux endogène ou exogène de rendement. Dans ce cas, les considérations théoriques ne sont d'aucune aide. Les différences entre les deux méthodes peuvent être prévues car les méthodes lissent un appui conceptuel de différentes façons. La croissance de la productivité multifactorielle est estimée par différence entre le taux réel de croissance de la production et celui que l'on se serait attendu à obtenir à la suite d'un accroissement des quantités de facteurs consacrées à la production. La méthode basée sur le taux endogène consiste à estimer le taux attendu de croissance de la production en calculant le taux de croissance sur un sous-ensemble de tous les actifs, puis en pondérant cette croissance par le revenu marginal moyen de l'ensemble des actifs. Par contre, la méthode basée sur le taux exogène consiste à calculer simplement la moyenne pondérée pour le même sous-ensemble d'actifs, puis à pondérer ces actifs par leur revenu marginal. Le taux de croissance de la productivité multifactorielle calculé d'après le taux exogène de rendement sera plus élevé que la mesure exacte, parce que le premier n'inclut pas les actifs manquants dont tient compte indirectement (quoique peut-être imparfaitement) la méthode basée sur le taux endogène. En outre, le taux endogène estimé sera différent du taux réel, selon la différence de croissance moyenne entre les actifs inclus et ceux qui sont exclus.

Mais, naturellement, le taux endogène basé sur les hypothèses de rendements d'échelle constants et de marchés parfaitement concurrentiels pourrait être incorrect si celles-ci ne sont vérifiées qu'approximativement. Par conséquent, les analystes qui s'inquiètent de l'existence d'économies d'échelle et d'imperfections du marché préféreront peut-être la méthode basée sur le taux exogène.

Au lieu de trancher la question en nous appuyant sur des considérations théoriques, nous pourrions essayer de déterminer si une variante est plus intéressante que les autres en examinant les résultats empiriques. Nous avons vu que le coût d'usage du capital est plus instable si l'on utilise la spécification basée sur le taux exogène tenant compte des gains en capital annuels. Ce n'est que si l'on exclut le terme de variations du prix des actifs que la spécification basée sur le taux exogène produit une série stable de valeurs du coût du capital. Dans la même veine, la méthode basée sur le taux endogène produit une valeur plus stable de la part du capital dans les coûts. La stabilité de la série de données sur la part du capital dans les coûts produite par la méthode basée sur le taux endogène représente un avantage si l'on souhaite une valeur substitut du produit marginal qui soit stable au cours du temps. Enfin, le taux endogène est procyclique, tandis que le taux exogène ne l'est pas. La procyclicalité peut être un avantage, car elle permet d'obtenir une mesure de la productivité multifactorielle qui tient partiellement compte du fait qu'une quantité importante de capital n'est pas employée durant une récession[20].

Néanmoins, le choix entre les deux approches pourrait être sans importance si elles produisent essentiellement les mêmes résultats. Considérons les différences observées en utilisant les taux interne et externe M3 et M6. Il mérite d'être souligné que les écarts entre ces deux estimations de la productivité multifactorielle ne sont pas importants. L'estimation produite au moyen du taux endogène est environ 14 % plus faible que celle obtenue au moyen du taux exogène au cours de la période de 1961 à 1981 et 12 % plus faible de 1981 à 2001, écart inférieur à la marge d'erreur à laquelle on s'attendrait à la suite d'une évaluation du taux exogène de rendement entachée d'une erreur de 25 %.

Une partie de cette différence peut être attribuée au fait qu'un taux de rendement plus faible est intégré dans l'estimation basée sur le taux exogène que dans celle basée sur le taux endogène. En outre, nos expériences portant sur l'utilisation de diverses estimations du taux de rendement exogène indiquent que la différence est d'autant plus importante que le taux de rendement est faible. Par conséquent, toute évaluation de l'exactitude des estimations basées sur le taux exogène comparativement à celles basées sur le taux de rendement endogène doit tenir compte du fait que le taux exogène a été ou non calculé correctement.

Dans le présent document, nous avons écarté la pratique souvent adoptée de choisir une combinaison de taux de rendement sur des dettes de diverses échéances, parce que cette approche ne tient pas compte du fait que le capital-actions est une composante importante du capital. Nous constatons que le taux de rendement estimé de cette façon s'approche, en moyenne, du taux endogène et que les taux restent proches au cours du temps.

Certaines améliorations pourraient, certes, être apportées à la détermination du taux exogène de rendement, mais il y a peu de raisons de le faire simplement pour rapprocher les deux estimations du taux de croissance de la productivité multifactorielle, car il existe des raisons légitimes de penser qu'il peut y avoir des écarts. Comme nous l'avons souligné plus haut, il s'agit de mesures différentes.

---

20. Pour une discussion plus approfondie de ces questions, voir Berndt et Fuss (1986), et Hulten (1986).

La qualité de tout programme statistique dépend de l'adaptation des statistiques sommaires à l'usage auquel elles sont destinées. Pour atteindre cet objectif, les organismes statistiques doivent fournir aux utilisateurs des données des lignes directrices concernant leur utilisation appropriée. En général, les programmes statistiques ne produisent que des estimations ponctuelles de la productivité multifactorielle et l'effet de l'utilisation de diverses hypothèses parfaitement valables pour produire les statistiques sommaires est rarement étudié. Le présent document comble cette lacune. Cet exercice est important quand les mesures de la productivité multifactorielle sont employées pour faire des comparaisons entre pays. L'utilisateur doit être conscient que les données sont des estimations ponctuelles dotées d'un intervalle de confiance. Les méthodes statistiques classiques ne permettent pas de calculer facilement ce dernier, mais nous pouvons donner à l'utilisateur une idée de la variation des estimations lorsque les hypothèses qui les sous-tendent sont modifiées.

Nous avons montré ici que les estimations ponctuelles que nous produisons pourraient fort bien varier de 20 %, en raison du choix d'une méthode basée sur un taux endogène plutôt qu'exogène ou de la façon dont les gains en capital sont mesurés. L'utilisateur qui se sert des estimations de la productivité multifactorielle pour faire des comparaisons entre pays doit garder ces types d'intervalles de confiance à l'esprit.

Bibliographie

Baldwin, J.R., V. Gaudreault et T. Harchaoui. 2001. « Croissance de la productivité dans le *secteur canadien de la fabrication : une alternative au cadre traditionnel* ». Dans *Croissance de la productivité au Canada.* N° 15-204-XPF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada. 113–148.

Baldwin, J.R. et T. Harchaoui. 2005. « The Integration of the Canadian Productivity Accounts within the System of National Accounts : Current Status and Challenges Ahead ». Document de travail no 11107 du NBER. Cambridge, Massachusetts : National Bureau of Economic Research, Inc.

Berndt, E.R. 1990. « Comments on Hulten ». Dans *Fifty Years of Economic Measurement.* E.R. Berndt et J. Triplett (rév.). Chicago : University of Chicago Press.

Berndt, E.R. et M.A. Fuss. 1986. « Productivity Measurement with Adjustments for Variations in Capacity Utilization and Other Forms of Temporary Equilibrium ». *Journal of Econometrics.* 33, 1-2 : 7–29

Christensen, L.R. et D.W. Jorgenson. 1969. « The Measurement of U.S. Real Capital Input, 1929-1967 ». *Review of Income and Wealth.* 1969, 15 : 293–320.

Dennison, E.F. 1969. « Some Major Issues in Productivity Analysis: An Examination of Estimates by Jorgenson and Griliches ». *Survey of Current Business.* Partie II, Mai : 1–27.

Diewert, W. Erwin. 1980. « Aggregation Problems in the Measurement of Capital ». Dans *Measurement of Capital.* Dan Usher (rév.). University of Chicago Press pour le National Bureau of Economic Research. 433–528.

Diewert, W. Erwin. 2004. « Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates ». Document de discussion n° 04–11. Department of Economics, University of British Columbia.

Diewert, W. Erwin et D.A. Lawrence. 2000. « Progress in Measuring the Price and Quantity of Capital ». Polycopié. University of British Columbia.

Fraumeni, B.M. et D.W. Jorgenson. 1980. « The Role of Capital in U.S. Economic Growth, 1948-1976 ». Dans *Capital Efficiency and Growth.* G.M. von Furstenberg (rév.). Cambridge, Massachusetts : Ballinger. 9–250.

Gellatly, G., M. Tanguay et B. Yan. 2002. « Une méthode alternative d'estimation de la dépréciation économique : nouveaux résultats obtenus au moyen d'un modèle de survie ». Dans *Croissance de la productivité au Canada – 2002.* J.R. Baldwin et T. Harchaoui (rév.). N° 15-204-XPF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada. 25–70.

Griliches, Z. et D. Jorgenson. 1966. « Sources of Measured Productivity Change: Capital Input ». *American Economic Review.* 56, 1-2 : 50–61.

Gu, W., M. Kaci, J.-P. Maynard et M.-A. Sillamaa. 2003. « Changement de la composition de la population active canadienne et son influence sur la croissance de la productivité ». Dans *Croissance de la productivité au Canada – 2002.* J. R. Baldwin et T. Harchaoui (rév.). N° 15-204-XPF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada. 71–106.

Hall, R.E. et D. Jorgenson. 1967. « Tax Policy and Investment Behaviour ». *American Economic Review.* 57, 3 : 391–414.

Harchaoui, T. et F. Tarkhani. 2003. « Une révision complète de la méthode d'estimation de l'intrant capital pour le programme de la productivité mulifactorielle de Statistique Canada ». Dans *Croissance de la productivité au Canada – 2002.* J.R. Baldwin et T. Harchaoui (rév.). N° 15-204-XPF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada. 107–168.

Harchaoui, T., F. Tarkhani et B. Khanam. 2004. *Technologie de l'information et croissance de l'économie du secteur privé au Canada et aux États-Unis.* Dans La croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'ère de l'information. D.W. Jorgenson (rév.). Analyse économique et statistiques. Ottawa : Industrie Canada.

Harper, M.J., E.R. Berndt et D. Wood. 1989. « Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices ». Dans *Technology and Capital Formation.* D.W. Jorgenson et R. Landau (rév.). Cambridge, Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology Press. 331–372.

Hulten, C.R. 1986 « Productivity Change, Capacity Utilization and the Sources of Efficiency Growth ». *Journal of Econometrics.* 33, 1-2 : 31–50.

Hulten, C.R. 1990. « The Measurement of Capital ». Dans *Fifty Years of Economic Measurement.* E.R. Berndt et J.D. Triplett (rév.). Chicago : University of Chicago Press.

Hulten, C.R. et J.W. Robertson. 1984. « The Taxation of High Technology Industries ». *National Tax Journal.* XXXVII, 3 : 327–346.

Jorgenson, D.W. 1963. « Capital Theory and Investment Behaviour ». *American Economic Review.* 53, 2 : 247–259.

Jorgenson, D.W. 2001. « Information Technology and the U.S. Economy ». *American Economic Review.* 91, 1 : 1–32.

Jorgenson, D.W., F.M. Gollop et B.M. Fraumeni. 1987. « Productivity and U.S. Economic Growth ». Cambridge : University of Cambridge Press.

Jorgenson, D.W. et Z. Griliches. 1967. « The Explanation of Productivity Change ». *Review of Economic Studies.* 34, 3 : 249–283.

Jorgenson, D.W. et M. Sullivan. 1981. « Inflation and Corporate Capital Recovery ». Dans *Depreciation, Inflation and the Taxation of Income from Capital*. C.R. Hulten (rév.). Washington, D.C. : The Urban Institute Press. 171–237.

Jorgenson, D.W. et E. Yip. 2001. « Whatever Happened to Productivity Growth? » Dans *New Developments in Productivity Analysis*. C.R. Hulten, E.R. Dean et M.J. Harper (rév.). Chicago : The University of Chicago Press. Chapitre 12.

Maynard, J.-P. 2005. *La mesure annuelle du volume de travail selon l'expérience canadienne.* Documents sur la méthodologie de l'analyse économique : comptes nationaux. N° 11F0026MIF2005005 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Schreyer, P. 2004. « Measuring Multi-Factor Productivity when Rates of Return are Exogenous ». Document préparé pour la conférence du SSHRC International on Index Number Theory and the Measurement of Prices and Productivity. Vancouver, Colombie-Britannique. 30 juin au 3 juillet 2004.

Schreyer, P., P.-E. Bignon et J. Dupont. 2003. « OECD Capital Services Estimates: Methodology and a First Set of Results ». Direction des statistiques de l'OCDE. Document de travail n° STD/DOC 2003/6. Paris : Organisation de coopération et de développement économiques.

Schreyer, P., W.E. Diewert et A. Harrison. 2005. « Cost of Capital Services and the National Accounts ». Document préparé pour la réunion de l'AEG le 21 août 2005.

Statistique Canada. 2007. *Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité*. La revue canadienne de productivité. N° 15-206-XIF2007005 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.